N03-690

ISN=220722

KONINKLIJK INSTITUUT VD TROPEN-BIBLIOTHEEK
14 0000 0249 5699

1.396.40

ILMOE ALAM

OF

WERELDBESCHRIJVING

VOOR DE

INLANDSCHE SCHOLEN.

VIJFDE EN LAATSTE STUKJE.

Over de buitenplaneten, de kometen en de vallende sterren.

DOOR

DR. J. A. C. OUDEMANS,

HOOGLEERAAR TE UTRECHT.

BATAVIA.

Verkrijgbaar ter Lands Drukkerij.

1885.

ILMOE ALAM.

V.

Inv. 26 L 3000.44

ILMOE ALAM

OF

WERELDBESCHRIJVING

VOOR DE

INLANDSCHE SCHOLEN.

VIJFDE EN LAATSTE STUKJE.

Over de buitenplaneten, de kometen en de vallende sterren.

DOOR

DR. J. A. C. OUDEMANS,
HOOGLEERAAR TE UTRECHT.

BATAVIA.
Verkrijgbaar ter Lands Drukkerij.
1885.

Koninklijke Vereeniging Kon. Instituut

Stoomdruk van de Firma L. E. BOSCH & ZOON.

INHOUD.

Bladz.

Voorbericht XI

EERSTE HOOFDSTUK.

De buitenplaneten.

§ 254. Hoeveel buitenplaneten er zijn 1

§ 255. Verdere uiteenzetting van het verschil in den schijnbaren loop der buiten- en der binnenplaneten 3

§ 256. Over den schijnbaren loop van Mars 5

§ 257. Verklaring van den teruggang 8

§ 258. Vervolg. Verklaring van de wijzigingen in de figuur, die den schijnbaren loop der planeet Mars voorstelt, naarmate zij in het eene of andere punt harer loopbaan is 12

§ 259. Berekening van den tijd, die gemiddeld tusschen twee opposities van Mars verloopt 13

§ 260. Vervolg van § 258 15

§ 261. Wat wij van de natuurlijke gesteldheid van Mars weten . 18

§ 262. Over de planeten Jupiter en Saturnus. Bij hen ziet men evenmin als bij Mars, de flikkering, zooals bij de vaste sterren. Verklaring hiervan 23

§ 263. Over den schijnbaren loop van Jupiter en Saturnus . . . 25

§ 264. Over de afmetingen en den vorm der loopbanen van Jupiter en Saturnus 31

Bladz.

§ 265. Reden, waarom door de planeten Jupiter en Saturnus niet geheel aan de derde wet van Keppler voldaan wordt . . . 34

§ 266. Hoe Jupiter zich, door een kijker gezien, vertoont . . . 38

§ 267. De vier wachters van Jupiter 39

§ 268. Ligging van de loopbanen der wachters. Overgangen der wachters en hunner schaduwen voorbij de planeet . . . 42

§ 269. Mogelijkheid van het bestaan van bewoners van Jupiter . . 46

§ 270. Vervolg van het onderwerp. Eklipsen en bedekkingen van de wachters van Jupiter 47

§ 271. Reden, waarom de eklipsen van den vierden wachter niet altijd plaats hebben 49

§ 272. Mogelijkheid, dat er meer dan één wachter onzichtbaar is. 53

§ 273. De snelheid van het licht door de eklipsen van de wachters van Jupiter gevonden 54

§ 274. Wat licht eigenlijk is. Het bestaat uit trillingen in den ether. Beschouwingswijze van Huygens 59

§ 275. Bewijsgronden hiervoor aan te brengen. 1° De straalbreking. 62

§ 276. 2° De zoogenaamde Newtoniaansche ringen 65

§ 277. 3° De lichte en donkere randen, die de schaduwen der voorwerpen begrenzen, als zij door een zeer klein lichtend punt beschenen worden. 69

§ 278. Nog eenige andere bekende verschijnselen, die verklaard kunnen worden door de onderstelling, dat het licht uit golven bestaat 70

§ 279. Hoeveel trillingen het licht in één sekunde maakt . . . 71

§ 280. Grootte, massa en dichtheid van Jupiter 74

§ 281. Welke verschijnselen de bewoners van Jupiter zoo al waarnemen 79

§ 282. Voorkomen van Jupiter, gezien uit de wachters. 87

§ 283. Hoegrootheid der zwaartekracht op Jupiter 89

§ 284. Beschrijving van het inwendige van een pendule en van een horloge 91

Bladz.

§ 285. De planeet Saturnus. Zij heeft verschillende helderheid naarmate zij in het eene of andere gedeelte harer loopbaan is, zonder dat dit door den elliptischen vorm harer loopbaan verklaard kan worden 103

§ 286. Verklaring hiervan. Saturnus wordt omgeven door een ring. 105

§ 287. Verdere verklaring der waargenomen verschijnselen, in de vooronderstelling dat de waarnemer zich op de zon bevindt. *a*). Wanneer het gebeurt, dat Saturnus zonder ring verschijnt. 108

§ 288. *b*). Verdere gedaanten van Saturnus met zijn ring 113

§ 289. Over het onzichtbaar en weer zichtbaar worden van den ring, gezien uit de aarde 115

§ 290. Het onzichtbaar en weer zichtbaar worden van den ring in 1891 119

§ 291. Het onzichtbaar en weer zichtbaar worden van den ring in 1861 en 1862 121

§ 292. Vergelijking tusschen de nu beschrevene vormen en de teekeningen afkomstig uit den tijd vóór Huygens 123

§ 293. De wachters van Saturnus. Afbeelding van het geheele stelsel van Saturnus met zijne ringen 126

§ 294. Over de natuur van den ring van Saturnus 130

§ 295. Verdere beschrijving van het zonnestelsel. Wet van Titius. 137

§ 296. Ontdekking van Uranus 140

§ 297. Over de spiegelteleskopen. 145

§ 298. Spiegelbeeld veroorzaakt door een hollen spiegel 151

§ 299. Samenstelling van een spiegelteleskoop 153

§ 300. De ontdekking van Ceres 164

§ 301. De ontdekking van Pallas 168

§ 302. De ontdekking van Juno 172

§ 303. De ontdekking van Vesta 173

§ 304. De ontdekking van Astraea, Hebe, enz. 174

Bladz.
§ 305. De planeet Neptunus 178
§ 306. Over de wachters van Mars 186

TWEEDE HOOFDSTUK.

Over de kometen.

§ 307. Hoe de kometen zich voordoen. Welke vragen men ten opzichte der kometen stellen kan 191
§ 308. Hoe Tycho Brahé bewees, dat de komeet van 1577 veel verder dan de maan van de aarde verwijderd was 196
§ 309. Welken vorm de loopbanen der kometen hebben . . . 199
§ 310. Over de kegelsneden 201
§ 311. Hoe men eene parabool kan teekenen 205
§ 312. Over de hyperbool. Hoe men haar kan teekenen 207
§ 313. Andere wijze, eene ellips of eene hyperbool te trekken, overeenkomende met de wijze, in § 311 uitgelegd, om eene parabool te teekenen 211
§ 314. Terugkeer tot de kometen 216
§ 315. Kometen met langen omloopstijd 218
§ 316. Kometen met korten omloopstijd 222
§ 317. Over de ligging der loopbanen van de kometen met korten omloopstijd. Zij hebben alle kleine hellingen en de beweging is rechtloopend. 224
§ 318. Verklaring hiervan 227
§ 319. Geschiedenis van de komeet van Biela. 232
§ 320. Over de natuurlijke gesteldheid der kometen. Hare geringe massa 233
§ 321. Geschiedenis van de komeet van 1770 236
§ 322. Geschiedenis van de komeet van Brorsen 238
§ 323. Lichtheid der stof, waaruit de kometen bestaan 239
§ 324. De oorzaak van de vorming der kometenstaarten 239
§ 325. Over de wijze waarop de staart gevormd wordt. 240

Bladz.

§ 326. Voorbeelden van afstootende krachten 243

§ 327. Aan welke afstootende kracht is de vorming van de staarten der kometen toe te schrijven? 247

§ 328. Over de hoegrootheid der afstootende kracht der zon . . . 249

§ 329. Beschrijving en gebruik van den spektroskoop 251

§ 330. Aanwending van den spektroskoop voor het onderzoek van verdunde gassoorten 256

§ 331. Aanwending van den spektroskoop voor het onderzoek der kometen 259

§ 332. Proef van Tyndall, waarbij zeer verdunde gassen zeer lichtgevend kunnen worden. 259

DERDE HOOFDSTUK.

Over de vallende sterren.

§ 333. Hoe de hoogte gevonden wordt, waarop de vallende sterren zichtbaar en weer onzichtbaar worden 261

§ 334. Reden van het zichtbaar worden en uitdooven der vallende sterren. 267

§ 335. Over aërolithen of luchtsteenen 269

§ 336. Regelmatige terugkeer van sommige vallende-sterren-regens. 271

§ 337. Over de uitstralingspunten. Wat zij ons leeren 274

§ 338. Stellingen van Prof. H. A. Newton 278

§ 339. De loopbaan der vallende sterren van Augustus. Hoe Schiaparelli de snelheid der vallende sterren vond 280

§ 340. Hoe hij verder de loopbaan berekende. Hoe de soort van loopbaan afhangt van de snelheid der beweging. 1e geval. De richting der beweging is loodrecht op den voerstraal. . 285

§ 341. 2e geval. De richting der beweging is niet loodrecht op den voerstraal 287

§ 342. Schiaparelli besluit, dat de vallende sterren van Augustus eene elliptische loopbaan moeten hebben, en dat haar omloopstijd 108 jaren bedraagt. Gang van zijn onderzoek . . 288

Bladz.

§ 343. Punten van overeenkomst tusschen vallende sterren en kometen. De baan der Perseïden om de zon komt overeen met die van de derde komeet van 1862. 291

§ 344. Tweede voorbeeld van zulk eene overeenstemming. De baan der Leoniden komt overeen met die van de eerste komeet van 1866 292

§ 345. Welk besluit men dus omtrent den oorsprong der vallende sterren trekken moet 294

§ 346. Hoe men het resultaat van het spektroskopisch onderzoek hiermede kan overeenbrengen 295

§ 347. Besluit 296

VOORBERICHT.

Bij het aanbieden van het vijfde en laatste stukje van „Ilmoe Alam" heb ik slechts weinig op te merken.

Nadat in het vierde stukje de zon en de vaste sterren behandeld waren, konden in het vijfde de planeten weder opgevat worden, van welke in het derde deeltje alleen Mercurius en Venus besproken waren. Het spreekt van zelf, dat weder rekenschap gehouden moest worden met de bestemming van het werkje, zoodat alleen datgene eenigszins uitvoerig behandeld kon worden, wat met het bloote oog of met een niet al te kostbaren kijker zichtbaar is. De wachters van Jupiter en de ring van Saturnus vielen binnen deze grenzen, ja zelfs Uranus, die bij afwezigheid van maanlicht, (tegenwoordig althans, nu hij dicht bij zijn perihelium is), zeer goed met het bloote oog te vinden is, waartoe het kaartje, dat in fig. 535 gegeven is, gebruikt kan worden.

Het in § 270 bedoelde verschijnsel, nl., dat bij den tweeden wachter van Jupiter begin en einde zoowel van de bedekking als van de verduistering worden waargenomen, kan alleen plaats hebben als Jupiter niet ver van zijn naaste punt of perihelium af is. Bijv. den 25^{en} September 1880 ging Jupiter door zijn perihelium, en bij de eerste quadratuur, die nu volgde, nl. in de maanden Juli, Augustus en September 1881, was het verschijnsel waar te nemen; de Amerikaansche sterrekundige Todd maakte toen hierop opmerkzaam (The Observatory, June 1881, p. 181). De Engelsche Nautical Almanac had hierop niet gelet, de Amerikaansche wel.

Door Uranus kwam ik op William Herschel, en hierdoor ontstond er aanleiding, de spiegelteleskopen te bespreken, hetgeen ter aanvulling moge strekken van hetgeen in een vorig deeltje over kijkers gezegd is.

Evenzoo voerden de wachters van Jupiter tot de bepaling der snelheid van het licht, en daardoor tot de beide theoriëen, die omtrent het licht eene hoofdrol gespeeld hebben.

De kometen dwongen tot een uitstap op het gebied der kegelsneden. Hier ben ik verder gegaan dan in populaire werken de gewoonte is; van de parabool heb ik eene, van de hyperbool twee constructies aangegeven; maar bij lezing zal men wel gewaar worden, dat deze constructies zonder te veel inspanning kunnen gevolgd worden.

De asteroïden, Neptunus, de wachters van Mars kon ik niet geheel voorbijgaan; hunne ontdekking is daartoe voor de kennis van het zonnestelsel van te veel belang geweest; maar het kwam mij voor, dat de enkel historische behandeling van hunne ontdekking hier voldoende was.

Het zou wel te wenschen zijn, dat hetgeen in het 3de hoofdstuk over de waarneming der vallende sterren, en het bepalen der radiatiepunten gezegd is, enkele personen in Indië kon aanmoedigen zich daarmede bezig te houden; door samenwerking van personen, op nabijgelegen plaatsen woonachtig, zouden bepalingen van hoogte boven den grond bij het verschijnen en het verdwijnen kunnen gedaan worden; kan die samenwerking niet verkregen worden, dan kan de waarneming op ééne plaats toch leiden tot de kennis der radiatiepunten. Die van het zuider halfrond zijn nog zeer onvolkomen bekend. — De banen, die de vallende sterren aan den hemel schijnen te doorloopen, moet men daartoe op sterrekaarten afteekenen, die men, als men zich aan die soort van waarneming wil wijden, het best doet in grooten getale te laten drukken, ten einde elken avond een anderen afdruk te kunnen gebruiken.

De figuren in dit werkje heb ik grootendeels zelf geteekend, althans die van het 1ste, de tweede helft van het 3de, het geheele 4de en 5de stukje; die van het 2de en de eerste helft van het 3de stukje zijn geteekend door mijnen zoon G. J. Oudemans, thans ambtenaar bij het binnenlandsch bestuur in Ned.-Indië. De volgende teekeningen zijn ontleend uit andere werken:

Fig. 142, 267, 268, 269, 273, 274, 295, 296, 303 en 304 uit Daguin, Physique, 2^{e} edition, Paris 1861—62.

Fig. 143 uit Schellen, Der electro-magnetische Telegraf, 3^{e} Auflage, Braunschweig, 1861.

Fig. 234 uit den 4en, en plaat V van het 3e stukje uit den 3en druk van Krecke, Handboek der algemeene natuurkundige aardrijkskunde, Leiden 1879 en 1869.

Fig. 235 en 450 uit Junghuhn, Java.

Fig. 298, 307 en 308 uit Marié Davy, Météorologie générale, Paris, 1877.

3e stukje, plaat I *), uit Brouwer's Zeevaartkunde, 2e druk, Nieuwediep, 1880.

3e stukje, plaat III, uit de Verhandeling van Prof. Millies in de Verslagen en Mededeelingen der Letterkundige Afdeeling der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, deel VII.

3e stukje, plaat IV, uit Figuier, Les Terres et les Mers, Paris, 1864.

Fig. 343 uit Proctor, The Universe and the Coming Transits, London, 1874.

Fig. 421 uit Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, Leipzig 1866.

Fig. 426 uit de Philosophical Transactions, 1778.

Fig. 440, 441, 442, 443, 453 en 454 zijn verkleinde kopieën naar de bekende photographieën van Rutherfurd.

Fig. 451, 455, 459, 460, 461 en 462 uit Nasmyth & Carpenter, The Moon, London, 1874.

Fig. 452 uit Piazzi Smyth, Teneriffe, an astronomer's Experiment, London, 1858.

4e stukje, plaat I en II, uit Bruhns, Atlas für Astronomie, Leipzig, 1872.

4e stukje, plaat V, uit Arago, Astronomie populaire, tome II, Paris, 1854.

Fig. 473 en 474 uit de Memoirs of the Royal Astronomical Society, vol. XXXII, pl. V. (London, 1864).

Fig. 475 uit Terby, Aréographie, pl. 2 (de teekening is van

---

*) In deze plaat zijn door den graveur twee fouten gemaakt. De namen *kl. Paard* en *Jagthonden* hadden als namen van sterrebeelden niet cursief behooren te zijn; voor *Hoofdhaar van Berenius* moet gelezen worden *Hoofdhaar van Berenice*. De ekliptika is door mij bijgeteekend.

Plaat II is opzettelijk vervaardigd door van de voornaamste sterren lengte en breedte te berekenen en de overigen op het gezicht in te teekenen.

Green), Mémoires couronnés et mémoires des Savants étrangers, publiés par l'Académie royale de Bruxelles, tome XXXIX.

Fig. 504, 505, 506, 507, 509, 510 en 511 uit Delaunay, Astronomie, Paris, 1853.

Fig. 513 en 515 uit Beima, De annulo Saturni, Lugduni Batavorum, 1842.

Fig. 515, 521 en 528 uit Proctor, Saturn and its System, London, 1865.

Fig. 536, met weglating der onnoodige figuren, doch met bijvoeging van de noodzakelijke mast, uit Newcomb, Populäre Astronomie, übersetzt von R. Engelmann, Leipzig, 1881. De figuur is oorspronkelijk op nagenoeg driemaal grootere schaal in Fr. Blanchini, Hesperi et Phosphori Nova Phenomena, Romae, 1728 (een werk, waarin de schrijver vermeent te bewijzen, dat Venus in $24^1/_3$ dag om hare as wentelt).

Fig. 547, 559, 572 en 608 uit hetzelfde werk.

Fig. 612 vindt men daar ook; zij is overgenomen uit J. Müller, Lehrbuch der kosmischen Physik, nl. uit eene latere uitgave dan de 2e, die te Brunswijk in 1865 verscheen; doch let men op de datums, waarop de Perseïden en de Leoniden gezien worden, dan ziet men licht, dat de snijlijn van het vlak der aardbaan met dat der Leoniden daar niet juist geteekend is. De figuur in dit werkje is naar een opzettelijk vervaardigd model in carton vervaardigd.

Fig. 358, 359, 537, 539, 541, 544 en 545 uit Lockyer, Star-gazing, London, 1878.

Fig. 546 uit J. Browning, A plea for reflectors, London, 1876.

Fig. 548 uit Guillemin, Les Nébuleuses, Paris, 1880.

Fig. 549 uit André et Rayet, l'Astronomie pratique et les observatoires en Europe et en Amérique, 2e partie, Ecosse, Irlande et Colonies Anglaises, Paris, 1874.

Fig. 579 met eene geringe verbetering uit Brandes, Vorlesungen über die Astronomie, Leipzig, 1827.

Fig. 192, 318 en 319 uit Kaiser's Sterrenhemel, 2e deel, 2e druk, Amsterdam, 1853.

Fig. 603 uit Chambers, Handbook of descriptive Astronomy, 3d edition, Oxford 1877, met weglating der sterren, die in de daar voorkomende figuur toch nauwelijks te herkennen zijn.

Fig. 592 en 594 uit Schellen, Spectralanalyse, Braunschweig, 1871.

De houtsneden zijn alle vervaardigd door den heer E. Schippers, graveur alhier, de platen en clichés door hem bezorgd; de laatsten zijn uit de fabriek van den heer N. Tetterode, te Amsterdam.

Ik neem deze gelegenheid waar, eene kleine verbetering aan te brengen aan de verklaring van den teruggang van de knoopenlijn der maan, 2e stukje, bl. 13. — Wat daar regel 9 en verv. gezegd is, zal duidelijker worden als men in regel 12 achter den aldaar eindigenden volzin invoegt: De aantrekking der zon op de maan is dan zwakker dan die op de aarde, hetgeen dezelfde uitwerking op den loop der maan betrekkelijk de aarde moet hebben, alsof de maan een weinig afgestooten werd. Behalve, enz.

Bij het lezen van hetgeen in dit werkje nu en dan gezegd wordt over hetgeen in een gewonen kijker te zien is, vraagt menigeen wellicht: hoeveel moet ik wel voor een kijker besteden, waarmede ik de voornaamste merkwaardigheden aan den hemel zien kan. Kaiser heeft indertijd in het 2e deel van zijn Sterrenhemel hieromtrent uitvoerige mededeelingen gedaan, die gedeeltelijk nog gelden, gedeeltelijk wijziging behoeven, zoowel omdat in de laatste dertig jaren de prijzen der kijkers bij de oude firma's meestal iets hooger zijn geworden, als omdat er nieuwe firma's ontstaan zijn. Hij, die in Nederlandsch-Indië een goeden kijker op voet wil hebben, ter beschouwing zoowel van aardsche voorwerpen als van hemellichamen, zal het best doen zijnen wensch met opgave van den prijs, dien hij wil besteden, op te geven aan eene goede firma in Europa. Ik kan wel aanraden, hiervoor de tusschenkomst in te roepen van den heer H. Olland, te Utrecht, of van de heeren P. J. Kipp en Zonen te Delft. Als minimum kan men rekenen *f* 150 te moeten besteden. Hiervoor kan men bijv. een kijker krijgen, hebbende eene opening van 60 m.M., een brandpuntsafstand van 80 c.M., voorzien van een zoeker en zonneglas en op een koperen voet; 3 oogbuizen, ééne aardsche, d. i. rechtziende, met 35 malige, en twee sterrekundige, d. i. omkeerende, met 45 en 125 malige vergrooting, met welken men de wachters van Jupiter, den ring en den door Huygens ontdekten wachter van Saturnus, de schijngestalten van Mercurius en Venus, den nevelvlek van Andromeda en dien van Orion, zonnevlekken, de bergen op de maan, een aantal dubbelsterren, enz., zeer goed zal kunnen beschouwen. Het spreekt echter

van zelf, dat, naarmate men die som kan vermeerderen, men een grooteren kijker met sterkere vergrooting erlangen kan, waardoor men meer bijzonderheden zal kunnen aanschouwen. Verder dan *f* 1300 behoeft men in geen geval te gaan, zoolang men nog een verdraagbaar instrument wil bezitten. Voor dien prijs kan men een uitstekenden kijker van meer dan 100 m.M. opening, 150—200 c.M. brandpuntsafstand, één of twee aardsche en een zestal sterrekundige oogbuizen, zoeker en zonneglas hebben, terwijl de kijker op een vasten mahoniehouten drievoet staat. In zulk een kijker zal men natuurlijk verschillende bijzonderheden bij het beschouwen der planeten, voornamelijk Mars, Jupiter en Saturnus, zien, die men bij een kijker van 150 gld. niet kan onderscheiden.

De aanschaffing van spiegelteleskopen durf ik aan bewoners van Ned.-Indië niet aanraden. Wel kan men die, met verzilverde glazen spiegels, tegenwoordig voor betrekkelijk geringen prijs krijgen, maar de invloed van het klimaat op het verzilversel van den spiegel is meer te vreezen dan die op een glazen objectief; wordt de spiegel dof, dan moet hij opnieuw verzilverd worden, hetgeen niet ieders zaak is, zoodat het opzenden naar Europa daardoor al licht noodzakelijk zou zijn.

Ook aan bezitters van kijkers kan niet genoeg herinnerd worden, dat, wil men ze lang behouden, de glazen, zoowel van het objectief als van de oogbuizen, van tijd tot tijd met een schoon linnen of zeemleeren lapje moeten afgeveegd worden. Laat men dit na, dan kan men bijna zeker zijn, dat de glazen verweeren; elk stofje namelijk, dat op de glazen valt, trekt vocht aan, en als het lang blijft liggen, vindt men op de plaats, waar het gelegen heeft, sporen van verweering.

Gebruikt men een kijker dikwijls in langen tijd niet, dan verdient aanbeveling het objectief steeds af te schroeven en te bewaren in eene goed sluitende blikken doos, waarin zich eenige stukjes bijtende kalk bevinden. De lucht in zulk eene doos kan als volstrekt droog beschouwd worden, en daarin is geene verweering mogelijk.

UTRECHT, 20 Maart 1882.
(Afgedrukt 7 September 1885).

DE SCHRIJVER.

EERSTE HOOFDSTUK.

De buitenplaneten.

§ 254.

HOEVEEL BUITENPLANETEN ER ZIJN.

DE HEER. Wel Abdullah, ik hoor van uw vader, dat gij dikwijls des avonds den sterrenhemel bekijkt, en al de meeste sterrebeelden kent, gij gebruikt daar zeker de sterrekaartjes bij, die ik u gegeven heb, (Ilmoe Alam 3e en 4e stukje)?

ABDULLAH. O ja mijnheer, en dat gaat vrij goed, ik heb de sterrebeelden, die op die kaartjes geteekend staan, zeer gemakkelijk aan den hemel kunnen terugvinden, maar wat mij zeer getroffen heeft, toen ik deze week weer de sterrebeelden met het kaartje vergeleek, zag ik in eens in het sterrebeeld de ..... *) eene heldere ster die niet op het kaartje stond, en die ik ook zeker weet dat er vroeger niet stond.

DE HEER. En waar hield gij dan die ster wel voor?

ABDULLAH. Ja mijnheer, ik verbeeldde mij dat het zeker eene planeet moest zijn, maar het kan Venus of Mercurius niet geweest zijn, dat weet ik zeker.

DE HEER. Nu ja, dat begrijp ik; maar gij herinnert u, dat ik u wel eens verteld heb, dat er nog meer planeten zijn, be-

*) Er wordt voorondersteld, dat Abdullah hier een sterrebeeld van den Dierenriem opnoemt.

halve Venus en Mercurius. Die twee, Venus en Mercurius, hebben dit eigenaardige, dat zij altijd in de nabijheid der zon te zien zijn; gij herinnert u immers wat daarvan de reden is?

ABDULLAH. O ja mijnheer, omdat hare loopbanen binnen de loopbaan der aarde liggen.

DE HEER. Juist zoo; maar nu zijn er nog andere planeten, en daaronder drie zeer heldere, wier loopbanen *buiten* die der aarde liggen. Zij zijn, behalve dikwijls aan hare helderheid van licht, daaraan kennelijk, dat zij niet, evenals de vaste sterren, aan den hemel onbewegelijk schijnen, maar integendeel de sterrebeelden van den dierenriem schijnen door te loopen. Daarbij loopen zij niet altijd even snel, ja niet altijd denzelfden kant op; soms gaan zij gedurende eenige maanden terug, en dan gaan zij weer gedurende een veel langer tijdvak voorwaarts. Wegens dien onregelmatigen loop hebben zij den naam gekregen van *dwaalsterren;* het woord planeten is uit de Grieksche taal ontleend, maar beteekent toch niets anders dan dwaalsterren.

En het verschil tusschen haar loop aan den hemel en dien van Venus en Mercurius is, zoo als ik u reeds heb aangeduid, dat zij *niet* altijd in de nabijheid der zon staan, maar zich zelfs tegenover de zon kunnen vertoonen.

Die ster nu, die gij daar op eene plaats gevonden hebt, waar gij u zeker herinnert dat vroeger geene ster gestaan heeft, is zeker eene planeet geweest. Ik zal u nu het een en ander van die planeten vertellen. Die drie, die ik zooeven bedoelde, en die gij zeker dikwijls zult kunnen zien, heeten Mars, Jupiter en Saturnus. Dit zijn weder namen van de goden der oude Grieken en Romeinen. Mars was de god van den oorlog; Jupiter, dat herinnert gij u wel, was de opperste god, wien men ook het slingeren van den bliksem toeschreef; Saturnus was, in de godenleer van die volken, de vader van Jupiter en de god van den tijd. — Gij ziet dus wel, dat die drie planeten, even als Venus en Mercurius, al van overoude tijden af, bekend zijn geweest. En dat niet alleen, maar de bijzonder-

heden van hunnen loop tusschen de sterren is ook al zoolang bekend geweest, dat men in het geheel niet kan nagaan, wanneer of door wien die loop het eerst onderzocht is. De oudste berichten, die de Europeanen van de sterren hebben, zijn afkomstig van de Chaldeeuwsche priesters, die ik u al meer genoemd heb; die woonden in Babylon, in West-Azië. Dat land is in de vroegste tijden, waarvan berichten tot ons gekomen zijn, bevolkt geweest door herderstammen, die met hunne kudden van de eene plaats naar de andere trokken. Des nachts is het in die streken meestal helder weer, en op het open veld legerende, hadden zij de beste gelegenheid den loop der sterren, en dus ook de planeten waar te nemen.

---

§ 255.

VERDERE UITEENZETTING VAN HET VERSCHIL IN DEN SCHIJNBAREN LOOP DER BUITEN- EN DER BINNENPLANETEN.

Ik zal u dus nu eens verhalen, welke verschijnselen zij daarbij waarnamen. Het is nu nog altijd hetzelfde; indien gij u dus de moeite wilt getroosten een sterrekaartje te maken (bijvoorbeeld eene kopij van een der beide kaartjes, die ik u vroeger gegeven heb, waarop de sterrebeelden van den dierenriem geteekend zijn, 3e stukje, plaat I en II,) en daarop van week tot week aan te teekenen, waar gij die planeten, als zij aan den hemel staan, ziet, dan zult gij zelf dergelijke uitkomsten verkrijgen als die oude volken gevonden hebben. Let gij op den stand, ten opzichte der zon, hetzij van Mars, hetzij van Jupiter of Saturnus, dan zult gij bemerken, dat zij, als zij na zonsondergang in het westen staan, zich nooit naar het oosten bewegen, en op die wijze hoe langer hoe *meer* na de zon ondergaan, evenals Venus en Mercurius doen, als zij pas avondster geworden zijn. Wel gebeurt het, dat zij na zonsondergang in het westen zicht-

baar zijn, en dan hoe langer hoe dichter bij de zon komen, zoodat men ze eindelijk uit het gezicht verliest. Dit duurt eenigen tijd, bijv. twee of drie maanden, en dan worden zij weer des morgens vóór zonsopgang in het oosten zichtbaar. Zij worden dus wel *morgenster* en in dit opzicht gedragen zij zich dus evenals Venus en Mercurius en evenals eene vaste ster, maar als men goed nagaat, waar zij tusschen de vaste sterren in stonden, toen zij het laatst zichtbaar waren, en waar zij staan, als zij weer het eerst zichtbaar worden, dan ziet men ook, dat zij in dien tijd wel degelijk van plaats veranderd zijn. Zij zijn dan een heel eind in den dierenriem *vooruitgegaan*, d. i. in de richting der volgorde, zooals de sterrebeelden van den dierenriem gewoonlijk opgenoemd worden.

Als gij nu voortgaat, alle nachten, (of eens in de week is voldoende), de plaats van zulk eene planeet aan te teekenen, dan zult gij zien, dat hare beweging in die richting eenige maanden lang voortduurt, en dan hoe langer hoe langzamer wordt; vervolgens schijnt de planeet gedurende eenige dagen stil te staan, en dan gaat de beweging in omgekeerde richting voort; dit duurt dan weer eenige maanden en eindelijk verandert de beweging op nieuws van richting en is dus evenzoo als vroeger. In het midden van het tijdvak, waarin zoo eene planeet hare teruggaande beweging heeft, gebeurt het altijd dat zij opkomt als de zon ondergaat en ondergaat als de zon opkomt; zij is dan den ganschen nacht zichtbaar, en te middernacht gaat zij door den meridiaan. Dan staat zij tegenover de zon, en doordat dit van tijd tot tijd gebeurt, weten wij juist, dat haar afstand tot de zon grooter is dan die der aarde.

Dit is dus een tweede punt van verschil tusschen de buiten- en de binnenplaneten, want gij weet dat Venus en Mercurius te middernacht hier in Indië zelfs nooit boven den horizon staan.

§ 256.

OVER DEN SCHIJNBAREN LOOP VAN MARS.

Ik zal u nu eens nader het een en ander mededeelen omtrent de beweging van die drie planeten.

Wij zullen eens beginnen met Mars.

Deze planeet heeft, zoowel in haar uiterlijk als in haren loop, eigenaardigheden, waardoor zij zich van de beide andere, Jupiter en Saturnus, duidelijk onderscheidt. In de eerste plaats is het licht van Mars roodachtig, terwijl Jupiter een schitterend en Saturnus een dof wit licht heeft. Den eenen tijd kan Mars zoo helder van licht zijn, dat hij verreweg Jupiter in glans overtreft, den anderen tijd is hij zulk een zwak sterretje, dat hij verre voor Jupiter moet onderdoen. Gij zult zeker wel vragen, hoe komt dit? maar als gij u nu herinnert, wat ik u vroeger omtrent Venus heb medegedeeld, zal het u zoo vreemd niet voorkomen. Want gij herinnert u nog wel, waarvan ik u gezegd heb, dat het licht van Venus komt?

ABDULLAH. O ja mijnheer, van de zon.

DE HEER. Juist zoo, en zoo is het met Mars ook. Gij herinnert u ook nog wel hoe Venus zich door een kijker in verschillende gedaanten vertoonen kan; geheel rond, als een halve cirkel of anders gezegd als een kwartiermaan, en als een sikkel. Dit hangt, zooals gij u herinneren zult, geheel af van den stand van Venus, ten opzichte van de zon en van de aarde.

Zoo is het met Mars ook, maar de verschillende vormen waaronder Mars zich in een kijker vertoont, bieden niet zooveel verscheidenheid aan, als die van Venus. Mars vertoont zich door een kijker altijd rond, evenals de volle maan, of nagenoeg rond, evenals de maan één, twee of drie dagen, vóór of na dat zij vol is; maar nooit vertoont Mars zich in de gedaante van eene halve maan of een sikkel.

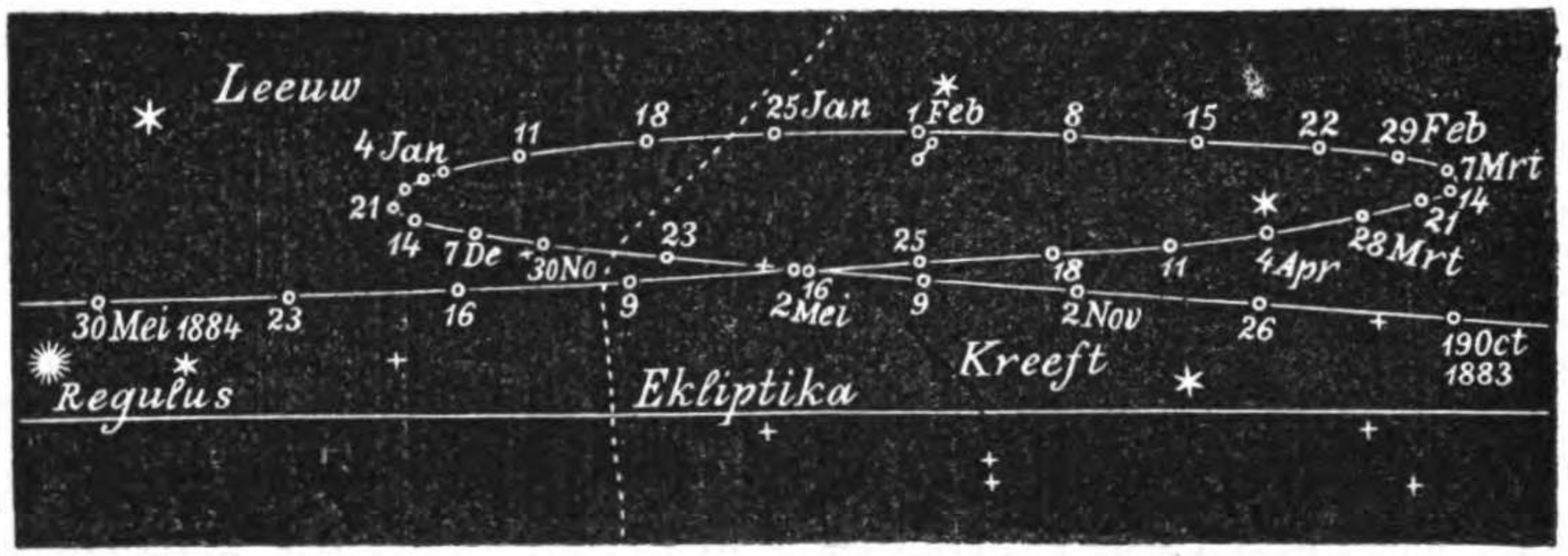
In alle geval begrijpt gij heel goed dat er drie zaken zijn,

waar de helderheid en de schijnbare vorm van zoo eene planeet als Mars van afhangt. Ten eerste van haren afstand van de zon; want hoe verder van de zon, hoe minder licht zij van haar ontvangt. Ten tweede van haren afstand van de aarde, want hoe verder van de aarde, hoe minder licht de aarde van de planeet ontvangen kan. Ten derde van den stand der planeet, ten opzichte van de zon en de aarde, want staan de zon, de aarde en de planeet nagenoeg op eene lijn, en de aarde in het midden, dan wordt juist die zijde van de planeet beschenen, die naar de aarde toegekeerd is, en de planeet doet zich dan geheel rond voor, en is dan ook in eene gunstige omstandigheid om helder te schijnen, daar zij dicht bij de aarde staat. Staan zij nagenoeg op ééne lijn en staat de zon in het midden, dan doet zich de planeet ook wel rond voor, maar is veraf, en schijnt ons dus klein toe.

Maar staan die drie lichamen, zon, aarde en planeet niet op eene rechte lijn, maar in een driehoek, dan krijgt de aarde alleen een gedeelte te zien van de helft die door de zon beschenen wordt, en de planeet doet zich dus niet rond voor.

Nu zijn het bij Mars voornamelijk de twee eerste oorzaken, die het licht wijzigen dat wij van hem ontvangen, dus deze, dat de afstanden van Mars, tot de zon en de aarde, zoo veranderlijk zijn. Maar laat ons nu eens zien wat er bij den schijnbaren loop van Mars is op te merken. In fig. 466 ziet gij

Fig. 466.



den loop van Mars afgebeeld, zooals die geweest is van 19

October 1883 tot 30 Mei 1884. Het laatst was die planeet in de nabijheid der zon geweest op het einde van het jaar 1882, en eerst in Maart 1883 werd zij weder des morgens, vóór zons opgang zichtbaar. Toen stond zij in het sterrebeeld de Waterman, doorliep gedurende de maanden April tot September de sterrebeelden de Visschen, den Ram, den Stier, en de Tweelingen, en trad den 1en October in het sterrebeeld de Kreeft. Fig. 466 stelt voor een gedeelte van het sterrebeeld de Kreeft, en een gedeelte van het sterrebeeld de Leeuw. Juist aan den linker benedenhoek van de kaart ziet gij Regulus, de helderste ster uit het sterrebeeld de Leeuw. De plaatsen, waar Mars zich nu in dien tijd bevond, zijn van 7 tot 7 dagen aangegeven door kleine kringetjes, die met eene kromme lijn verbonden zijn. De datums staan bij de kringetjes aangegeven; ik voeg er nog bij dat die plaatsen gelden voor ongeveer half 8 uur des avonds, in midden Java. Gij ziet nu, dat Mars in October en een groot gedeelte van November nog in het sterrebeeld de Kreeft verkeerde, dat hij tusschen den 23en en 30en, (op het oog zou men zeggen den 25en November) in het sterrebeeld de Leeuw trad; maar toen ging Mars al niet zoo schielijk meer als in October; gij ziet wel dat van week tot week de afstand, dien hij aflegde, kleiner en kleiner werd en dat hij den 23en of 24en December 1883 in zijne beweging omkeerde, om tot den 13en Maart 1884 in eene zoogenaamde teruggaande beweging te zijn. Toen keerde hij weer om, zijn gang werd dus weer rechtloopende. Van den 23en Januari af was hij weer in het sterrebeeld de Kreeft, en den 9en Mei trad hij weer uit dat sterrebeeld, en in het sterrebeeld de Leeuw.

In al dezen tijd maakte Mars, zooals gij op de figuur zien kunt, eene krulvormige figuur, zoodat hij den 2en Mei zijne vroegere baan, in een punt doorsneed, waar hij den 16en November 1883 ook geweest was.

Toen nu Mars den 24en December zijne rechtloopende beweging in eene teruggaande veranderde, was hij nog morgenster, hij ging toen pas te half vier uur 's morgens door den meri-

diaan; hij kwam dus des avonds, nagenoeg te half 10 uur op, en ging des morgens te half 10, dus lang na zonsopgang, onder.

Eene vaste ster, zooals bijv. Regulus, komt alle dag $3^m\ 56^s$ dus bijna 4 minuten vroeger op dan den vorigen dag, doordien nu Mars in dien tijd terugliep, is dit verschil dan dagelijks *meer* dan 4 minuten; en zoo kwam het dat Mars reeds den 1^{en} Februari, juist te middernacht door den meridiaan ging. Toen stond Mars juist tegenover de zon; men noemt dit dat Mars met de zon in *oppositie* was; als gij nu het kaartje beziet, dan zult gij bemerken, dat Mars den 1^{en} Februari juist in het midden van den boog was, dien hij in de teruggaande richting doorliep. Het teeken ♂, dat op het kaartje bij dit punt staat, wordt in de sterrekunde gebruikt om de *oppositie* aan te duiden.

---

§ 257.

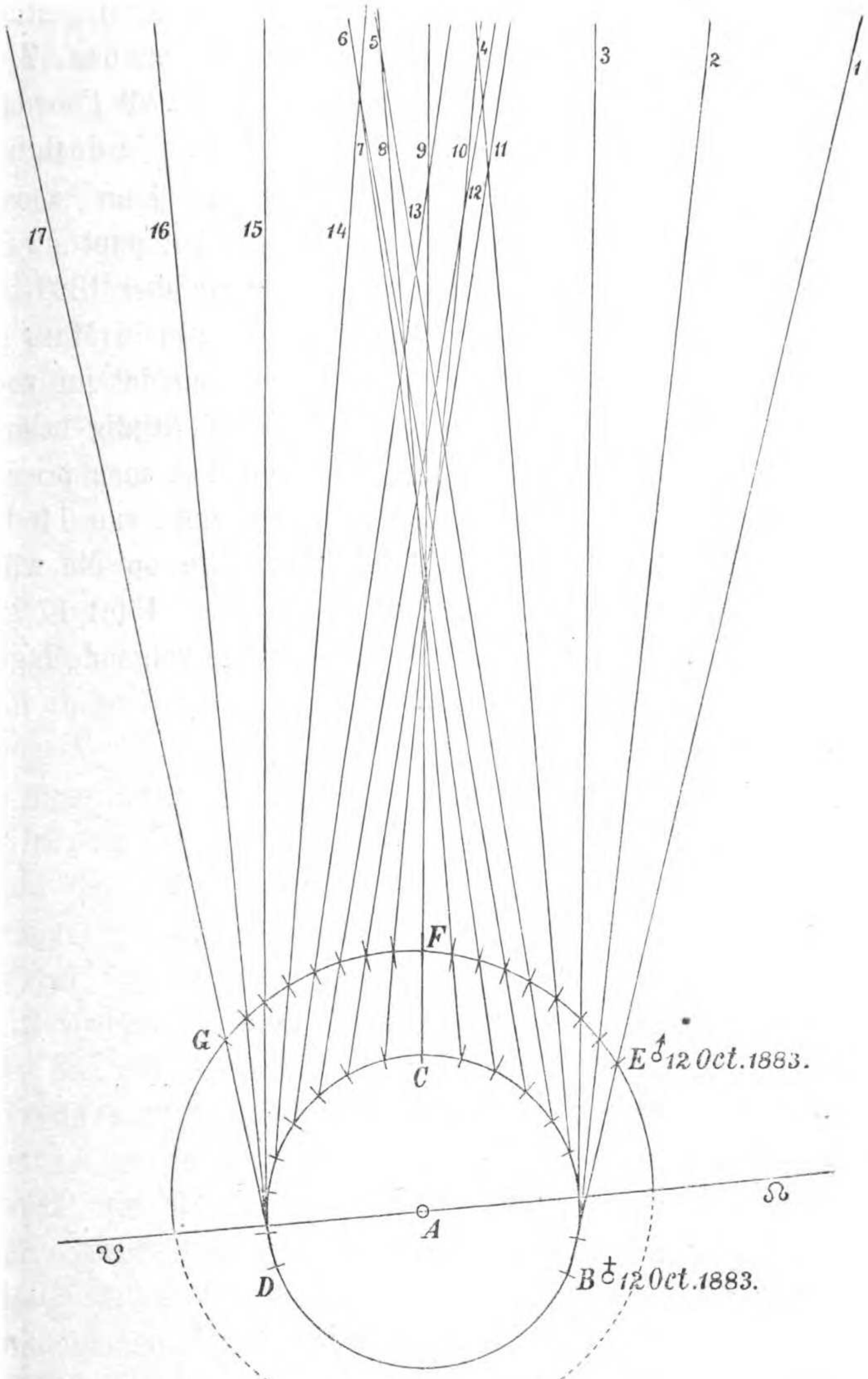
VERKLARING VAN DEN TERUGGANG.

ABDULLAH. Ik vind het toch heel vreemd, hoe is het mogelijk, dat zoo eene planeet zulke vreemde bewegingen maakt!

DE HEER. Ja, dat is zeker, oppervlakkig geoordeeld, heel vreemd, en in vroegere tijden hebben de menschen er ook vreemde verklaringen van gegeven. En toch is de zaak eenvoudiger dan zij schijnt, als men er maar om denkt, dat de aarde zoowel als Mars, eene planeet is, die om de zon loopt. Wij moeten eene dergelijke teekening maken als vroeger, toen wij nagingen, hoe de planeet Venus zich schijnt te bewegen uit de aarde gezien, 3^e stukje, fig. 215. Wij moeten daartoe dus weten, hoe de loopbaan van Mars ligt ten opzichte van de loopbaan der aarde. Dat Mars tegenover de zon kan staan, is een bewijs, dat zijne loopbaan die van de aarde omvat, dat hij dus eene *buitenplaneet* is. De vraag is dus nog: welke is de vorm en de grootte van die loopbaan? Dit

is tegenwoordig volkomen goed bekend. In fig. 467 stelt *A*

Fig. 467.



de zon voor; gij ziet er twee kringen getrokken. De bin-

nenste, *B C D*, stelt de loopbaan der aarde voor, de buitenste, *E F G*, die van Mars. Er is door punten aangegeven, waar de aarde en Mars van 14 tot 14 dagen gestaan hebben, nl. den 12 en 26 October, 9 en 23 November, 7 en 21 December 1883, 4 en 18 Januari, 1, 15 en 29 Februari 1884, enz. — De twee teekens ♁ en ♂, die gij in de figuur ziet, beteekenen de aarde en Mars. Trekken wij nu, zooals in de figuur gedaan is, eene lijn *B E*, door het punt, waar de aarde en Mars zich beide op den 12^en^ October 1883 bevonden, dan geeft die lijn de richting aan, waarin Mars op dien dag gezien werd uit de aarde, en doet men dat nu voor al de punten, waar de aarde en Mars zich gelijktijdig bevonden, zooals in de figuur ook gedaan is, dan kan men precies zien hoe de richting, waarin men de planeet ziet, van 14 dagen tot 14 dagen veranderde. De lijnen, die op die wijze getrokken zijn, zijn in de figuur met de cijfers 1 tot 17 genummerd; en die lijnen komen dus nu met de volgende dagen overeen:

1	met	12	October	1883,
2	„	26	„	„
3	„	9	November	„
4	„	23	„	„
5	„	7	December	„
6	„	21	„	„
7	„	4	Januari	1884.
8	„	18	„	„
9	„	1	Februari	„
10	„	15	„	„
11	„	29	„	„
12	„	14	Maart	„
13	„	28	„	„
14	„	11	April	„
15	„	25	„	„
16	„	9	Mei	„
17	„	23	„	„

Nu moet gij u voorstellen, dat die lijnen ver, zeer ver verlengd zijn, veel verder dan het papier hier heeft toegelaten, dan zult gij wel duidelijk zien, hoe die teruggang van Mars verklaard kan worden, want als gij die cijfers volgt, dan ziet gij wel, dat gij van 1 tot 6 tellende, steeds linksaf gaat, en dit is nu nog wel met de lijn, die 7 genummerd is, ook het geval, maar als het papier ver genoeg strekte, zou die lijn de lijn 6 snijden en haar verder aan de rechterhand vergezellen; den 4^{en} Januari 1884, waarmede de lijn 7 overeenstemt, is dus de planeet reeds van rechtloopende, teruggaande geworden, juist zooals fig. 466 ook aangeeft. Volgt gij nu de cijfers verder, dan ziet gij, dat tot de lijn 11 toe, die met den 29^{en} Februari 1884 overeenkomt, de beweging van Mars naar de rechterhand plaats heeft, d. i. teruggaande is, en dan weer rechtloopende wordt; hetgeen evenzoo vrij goed uitkomt met fig. 466.

Dat eene planeet als Mars, achteruit schijnt te gaan, terwijl zij toch in werkelijkheid vooruit gaat, daarin is wezenlijk zooveel vreemds niet gelegen. Stel eens dat er twee wegen in dezelfde richting loopen, bijv. aan de beide oevers eener rivier, en dat gij u in een rijtuig bevindt, dat langs de eene zijde der rivier voortrolt, terwijl aan de overzijde een voetganger in dezelfde richting, maar langzamer voortgaat, wat is dan het natuurlijk gevolg? Dat het u, die in het rijtuig zit, voorkomt, alsof die voetganger achterblijft. En zoo is het nu met de aarde en Mars juist hetzelfde, als de aarde, (zie de figuur,) dicht bij het punt C, en Mars dicht bij het punt F is; de achteruitgang van Mars gedurende dat tijdvak wordt dus hierdoor voldoende verklaard. Maar zoolang men zich verbeeldde, dat de aarde in het midden van het heelal stilstond, was het moeilijk om die teruggangen der buitenplaneten te verklaren.

Gij herinnert u, dat ik u al eens verteld heb, dat bij de oude Grieken er maar één wijsgeer geweest is, die het juiste begrip ervan had, dat de zon in het midden staat en de

planeten om de zon loopen. Die wijsgeer heette Aristarchus. Ptolemaeus, dien ik u al meer dan eens genoemd heb, geloofde er niet aan, en het is Coppernicus geweest, die in 1543 gestorven is, die het stelsel van Aristarchus heeft uitgewerkt, er een schoon werk over heeft uitgegeven, en de zaak zoo duidelijk heeft uitgelegd, dat men tegenwoordig die wijze van beschouwing ook het stelsel van Coppernicus noemt.

---

§ 258.

VERVOLG. VERKLARING VAN DE WIJZIGINGEN IN DE FIGUUR, DIE DEN SCHIJNBAREN LOOP DER PLANEET MARS VOORSTELT, NAARMATE ZIJ IN HET EENE OF ANDERE PUNT HARER LOOPBAAN IS.

ABDULLAH. Dit alles begrijp ik nu heel goed, mijnheer; maar nu zie ik nog niet in, waar dat oog van daan komt, dat in fig. 466 te zien is.

DE HEER. Ook dit is niet moeilijk te begrijpen. Want tot nog toe hebben wij in de teekening, fig. 467, maar aangenomen, dat de loopbaan van Mars in dezelfde vlakte ligt als de loopbaan der aarde. Maar evenals het met de loopbaan van Venus het geval is, zoo is het met die van Mars ook. De vlakte der loopbaan van Mars snijdt de vlakte der loopbaan der aarde, of, zooals gij weet dat zij genoemd wordt, het vlak der ekliptika, in eene lijn, die door de zon *A* gaat en in de figuur door de teekens ☌ en ☋ is aangegeven. Die doorsnijlijn, heet, dit herinnert gij u nog wel, de *knoopenlijn*; het teeken ☋ wordt gebruikt voor den klimmenden knoop, het teeken ☌ voor den dalenden knoop. Nu is dus Mars gedurende het geheele tijdvak, dat wij beschouwen, in het gedeelte van zijne baan, dat boven, d. i. benoorden het vlak der ekliptika ligt, het andere gedeelte, dat bezuiden die vlakte ligt, is in de figuur gestippeld. Niet alleen dus dat Mars, van *E* naar *F* gaande, zich hoe langer

hoe hooger boven het vlak der ekliptika verheft, maar hier komt nu nog bij, dat de aarde in dienzelfden tijd van B naar C gaande, hoe langer hoe dichter bij Mars komt, en dit is de reden dat, als de aarde in C is, d. i. den 1^{en} Februari, Mars, die zich dan in F benoorden het vlak der ekliptika bevindt, zeer sterk noordelijk schijnt te staan, zooals gij uit fig. 468 nog duidelijker zult kunnen zien. Maar later, als Mars nu naar het punt G nadert, daalt hij weer ten opzichte van het vlak der ekliptika, en tevens verwijdert de aarde zich van Mars, zoodat $D\ G$ veel grooter is dan $F\ C$. Het gevolg daarvan is, dat Mars, na den 1^{en} Februari, uit de aarde gezien, weer tot de ekliptika schijnt te naderen. In fig. 466 is de ekliptika ook aangegeven, en nu kunt gij duidelijk zien hoe van zelf het oog in de figuur van den loop van Mars ontstaan moet wanneer gij, eerst links, dan rechts, en dan weer links gaande, tevens eerst hoog boven de ekliptika en dan weer nabij de ekliptika komt.

Fig. 468.



Maar gij kunt ook wel begrijpen, dat dit niet altijd zoo het geval behoeft te zijn, want Mars komt niet altijd in oppositie met de zon in het noordelijkste punt van zijne loopbaan. Dikwijls gebeurt dit ook in andere punten.

---

§ 259.

BEREKENING VAN DEN TIJD, DIE GEMIDDELD TUSSCHEN TWEE OPPOSITIES VAN MARS VERLOOPT.

De omloopstijd van Mars om de zon is vrij nabij 687, nauwkeuriger 686,98 dagen. De omloopstijd der aarde is, zooals gij u herinneren zult, 365,256 dagen. Als gij u dus verbeeldt, dat gij op de plaats der zon stond, dan zoudt gij de aarde in 365

en de planeet Mars in 687 dagen eens ieder zijne eigene loopbaan zien rondloopen. Verbeeld u nu eens, dat op een bepaald oogenblik die twee planeten, evenals nu den 1^{en} Februari 1884 gebeurt, uit de zon gezien, in dezelfde richting staan, dan gaat de aarde schielijker dan Mars en dus staat de aarde reeds den volgenden dag links van Mars, als gij ten minste het hoofd naar het noorden gekeerd hebt. Alle dag gaat de aarde nog meer links van Mars, hun afstand wordt uit de zon gezien, hoe langer hoe grooter, totdat die eindelijk 180° wordt, dan staan, uit de zon gezien, de aarde en Mars juist tegenover elkaar; nog later komt, uit de zon gezien, de aarde aan de andere zijde dichter bij Mars, totdat zij hem ten slotte inhaalt.

Nu is het niet moeilijk na te gaan, in hoeveel tijd dit dan omtrent geschieden moet. Want gaan wij eerst na, hoeveel de beweging van beide planeten uit de zon gezien, in één dag is. Als wij voorloopig vooronderstellen, dat de beide planeten zich altijd even snel bewegen, dan bedraagt die beweging voor de aarde

$\frac{1}{365,256}$ of 0,002 737 806 van den omtrek (d. i. 0,985 610 graad)

en voor Mars

$\frac{1}{686,980}$ of 0,001 455 646 „ „ „ (d. i. 0,524 033 graad).

Dit geeft dus een verschil van 0,001 282 160 omtrek, (of 0,461 578 graad), en om dus te weten in hoeveel tijd de aarde Mars volle 360 graden vooruitloopt, zoodat zij hem inhaalt, behoeven wij maar de eenheid te deelen door 0,001 282 160 of 360 door 0,461 578, dan verkrijgen wij

$\frac{1}{0,001\ 282\ 160} = \frac{360}{0,461\ 578}$, d. i. 780 dagen nagenoeg. Nu is twee jaren 730,5 dag, gij ziet dus, dat, indien wij mochten aannemen, dat de aarde en Mars beide, uit de zon gezien, geheel regelmatig den hemel doorliepen, er 2$\frac{1}{2}$ jaar en 49,5 dag zou verloopen tusschen twee tijdstippen, waarop de aarde en Mars, uit de zon gezien, bij elkander staan, of met andere woorden, tusschen twee opposities van Mars. In dien tijd is de aarde

iets meer dan *tweemaal* de geheele ekliptika rond geweest; en in dienzelfden tijd is Mars iets meer dan *eens* zijn loopbaan rond geweest.

---

§ 260.

VERVOLG VAN § 258.

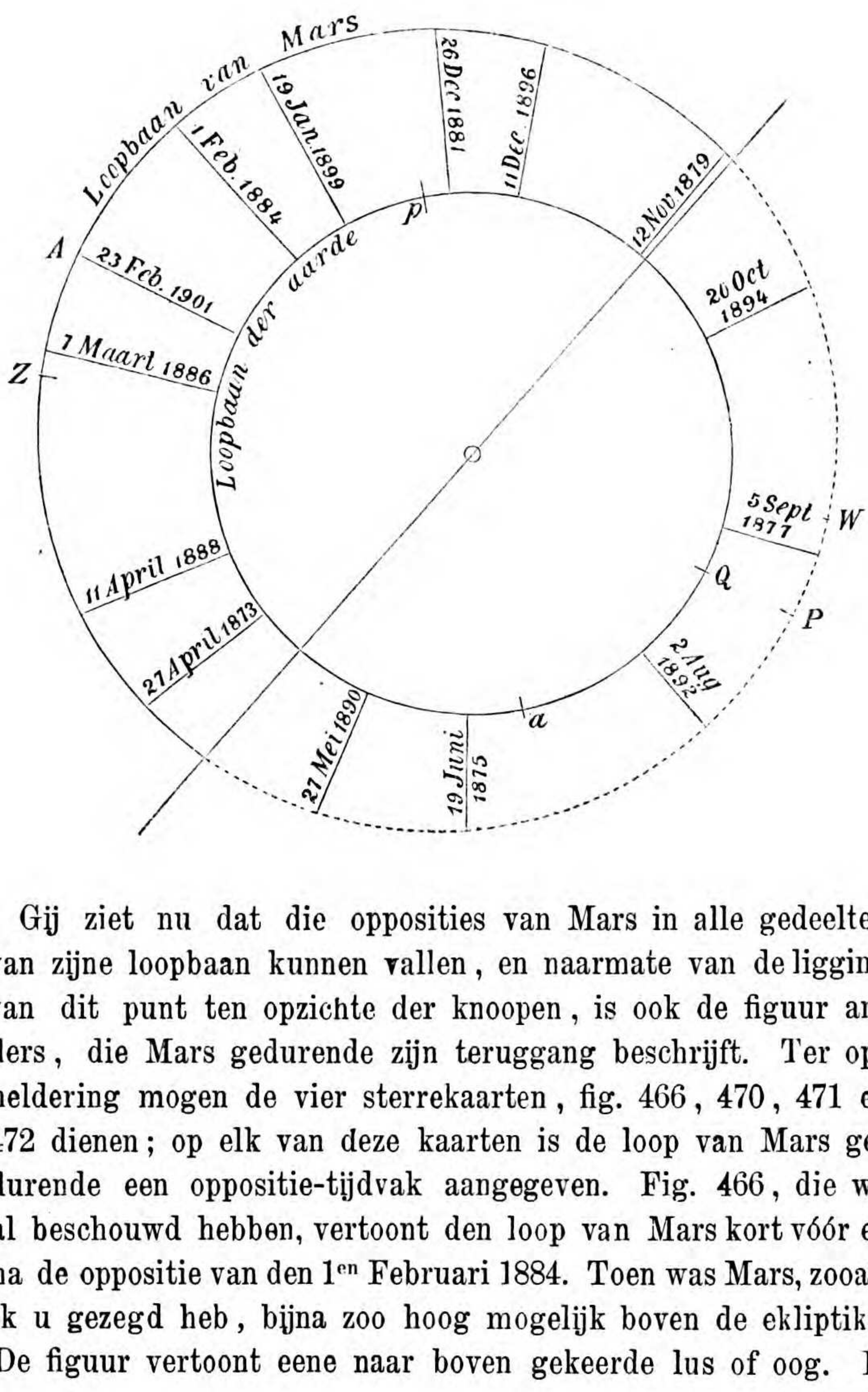
ABDULLAH. Maar mijnheer, u zeidet daar, indien wij mochten aannemen, dat de aarde en Mars beide, uit de zon gezien, geheel regelmatig den hemel doorliepen, scheelt dat dan veel, dat de aarde en Mars niet altijd even snel loopen?

DE HEER. Gij herinnert u immers, dat ik u vroeger heb medegedeeld, dat de planeten niet in cirkels, maar in ellipsen om de zon loopen. Hoe meer zulk eene ellips op een cirkel gelijkt, dat wil zeggen, hoe kleiner de uitmiddelpuntigheid der ellips is, hoe regelmatiger de loop der planeet is. Van alle groote planeten is Venus die, waarvan de uitmiddelpuntigheid het geringste, en is Mercuriüs die, waarvan de uitmiddelpuntigheid het grootst is. Op Mercurius volgt, in dit opzicht, Mars, en dit is de reden, dat de loop van Mars, uit de zon gezien, ook tamelijk onregelmatig schijnt. De tusschenruimte tusschen de eene oppositie en de andere kan dus ook eenige dagen meer of minder dan 2 jaren en 49,5 dag bedragen.

Gij zult dit en nog veel meer duidelijker inzien, indien gij fig. 469 eens bekijken wilt; daar ziet gij op eene grootere schaal dan fig. 467 de loopbaan van de aarde en Mars naar juiste verhoudingen afgebeeld, en tevens ziet gij de verschillende punten aangegeven, waar Mars in oppositie met de zongeweest is, en in de eerste jaren zijn zal. Bij elk van deze punten is eene lijn getrokken, van de plaats van Mars naar de overeenkomstige plaats der aarde. De eene helft van de loopbaan van Mars is doorgetrokken, dit is de helft die

benoorden het vlak der ekliptika ligt, de andere helft, die bezuiden dat vlak ligt, is gestippeld.

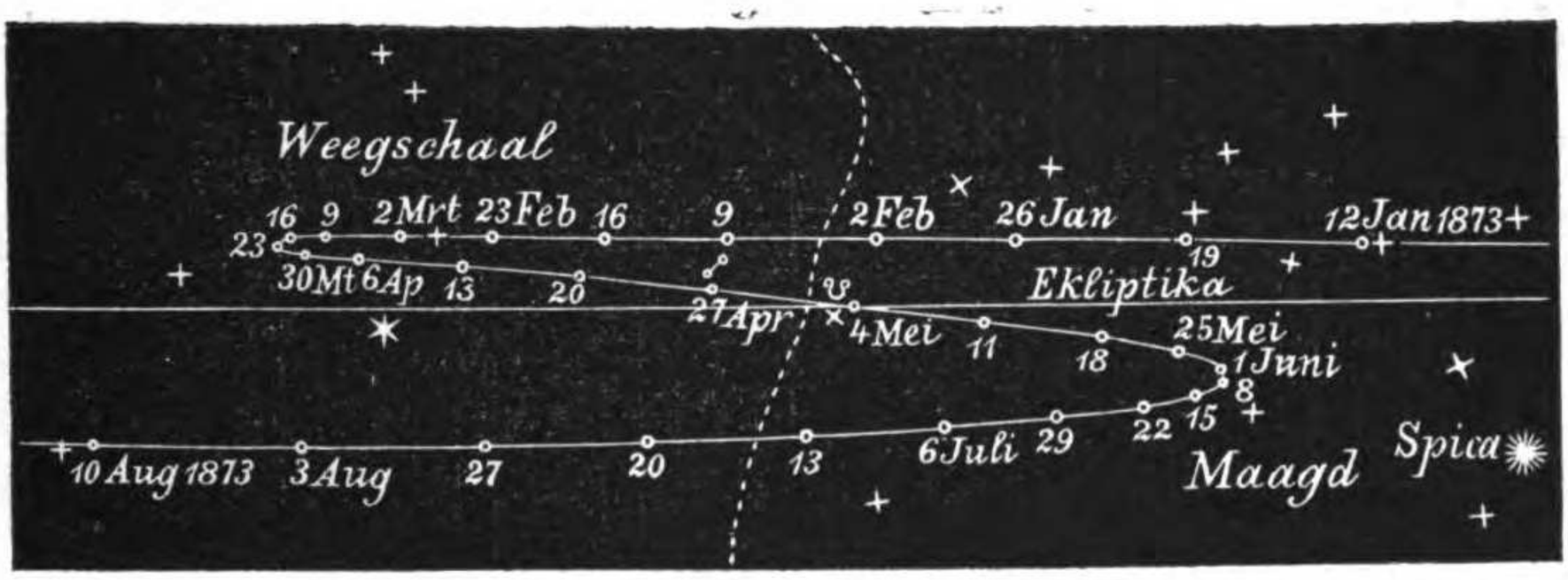
Fig. 469.



Gij ziet nu dat die opposities van Mars in alle gedeelten van zijne loopbaan kunnen vallen, en naarmate van de ligging van dit punt ten opzichte der knoopen, is ook de figuur anders, die Mars gedurende zijn teruggang beschrijft. Ter opheldering mogen de vier sterrekaarten, fig. 466, 470, 471 en 472 dienen; op elk van deze kaarten is de loop van Mars gedurende een oppositie-tijdvak aangegeven. Fig. 466, die wij al beschouwd hebben, vertoont den loop van Mars kort vóór en na de oppositie van den 1^{en} Februari 1884. Toen was Mars, zooals ik u gezegd heb, bijna zoo hoog mogelijk boven de ekliptika. De figuur vertoont eene naar boven gekeerde lus of oog. In

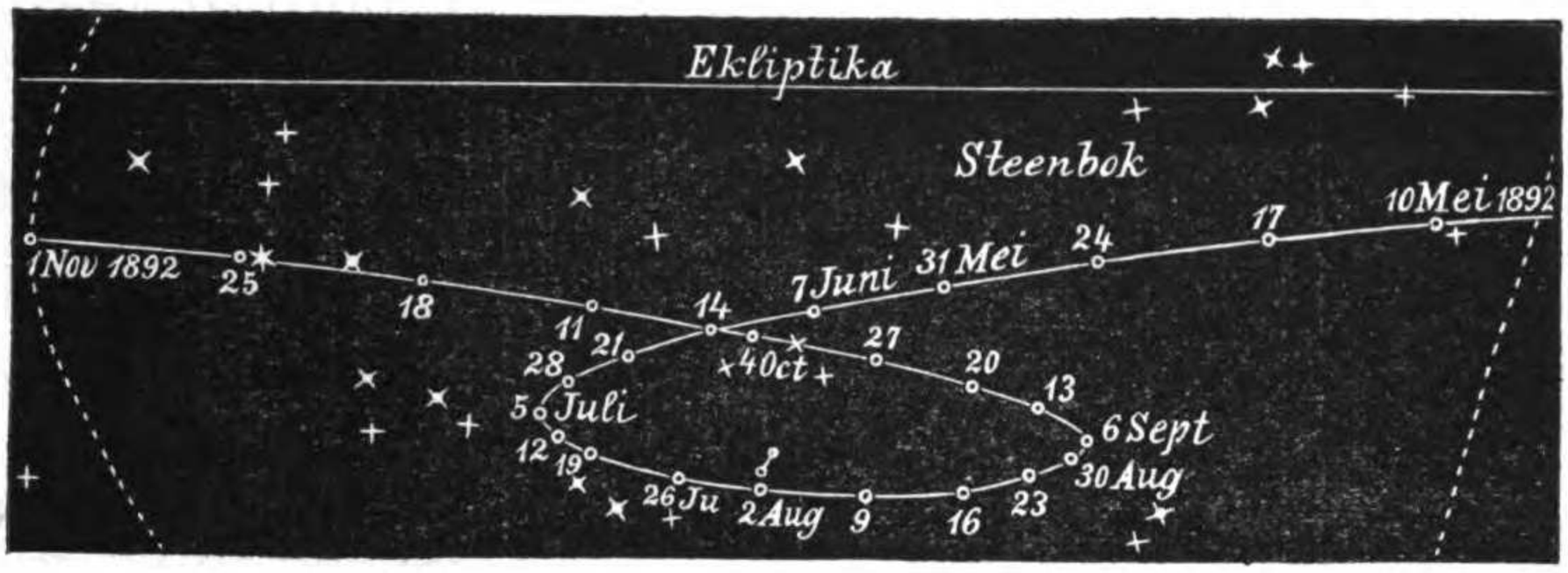
fig. 470 ziet gij dienzelfden loop van Mars, maar nu kort

Fig. 470.



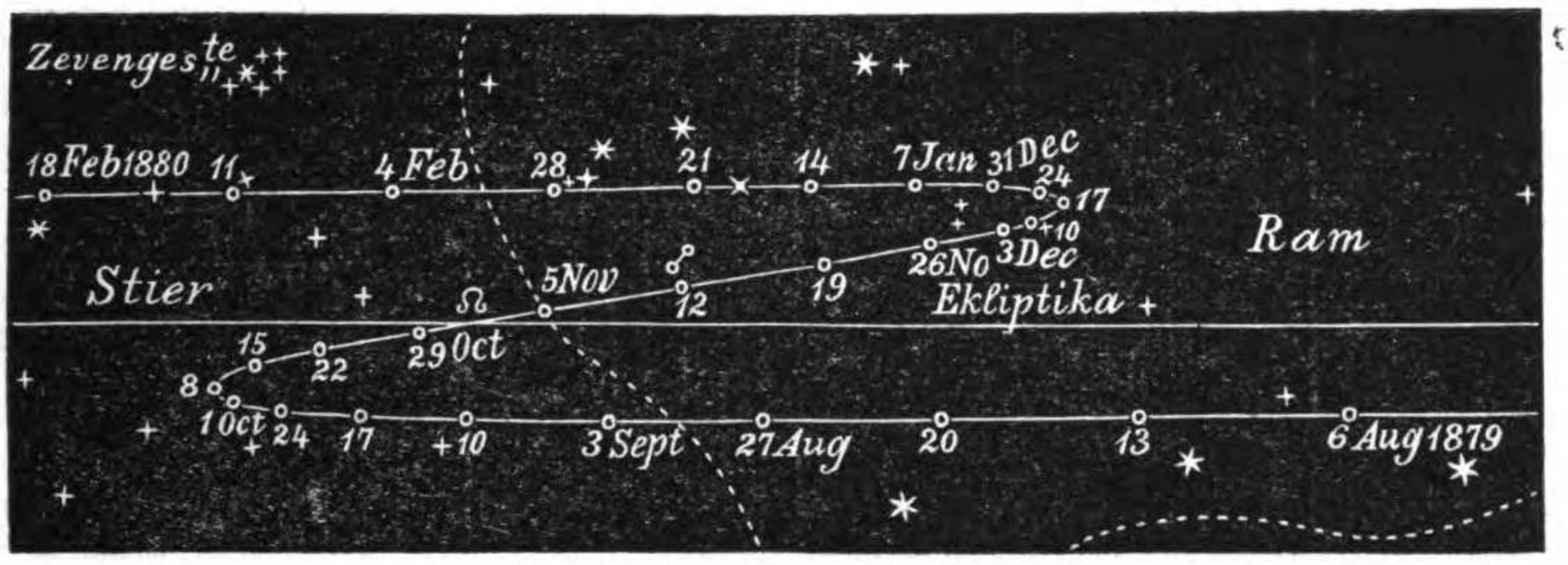
vóór en na de oppositie van 27 April 1873; in fig. 469 kunt gij zien, dat Mars toen nabij zijn dalenden knoop was. Die

Fig. 471.



figuur vertoont nu den vorm eener uitgestrekte S. Fig. 471 stelt den loop van Mars voor bij zijne oppositie van 1892,

Fig. 472.



die, zooals gij in figuur 469 zien kunt, zal plaats hebben

niet ver van het laagste punt, waar Mars bezuiden het vlak der ekliptika komen kan. De planeet zal dan een naar het zuiden gekeerde lus of oog beschrijven. Eindelijk wordt door fig. 472 de beweging van Mars teruggegeven kort voor en na de oppositie van 1879, die vlak bij den klimmenden knoop plaats had, waar de loop der planeet dus op een spiegelbeeld der letter S geleek.

Na al hetgeen ik u heb medegedeeld, zult gij nu wel geene moeite hebben, u de verschillende vormen van lijnen te verklaren.

---

§ 261.

WAT WIJ VAN DE NATUURLIJKE GESTELDHEID VAN MARS WETEN.

Als nu Mars in oppositie is, dan is hij natuurlijk het helderst, doordien hij dan dicht bij de aarde staat. Maar als gij fig. 469 goed beziet, dan zult gij dadelijk begrijpen, dat hij volstrekt niet bij elke oppositie even helder schijnen zal. Het punt, waar Mars het dichtst bij de zon kan komen, het zoogenaamd *Perihelium*, is in die figuur aangewezen door de letter *P*; het punt, waar hij het verst van de zon af is, het zoogenaamd *Aphelium*, door de letter *A*. In de loopbaan der aarde zijn die punten aangegeven door de letters *p* en *a*. Gij herinnert u, dat ik u al meer gezegd heb, dat de aarde, in het punt *p*, het dichtst bij de zon is den 31 December of den 1 Januari van elk jaar, en het verst van de zon in het punt *a*, den 3 Juli van elk jaar. Gij ziet nu wel, dat de *kortst mogelijke* afstand tusschen Mars en de aarde plaats heeft als Mars in zijn perihelium *P* en de aarde daar vlak tegenover in het punt *Q* is. In 1877 had dit plaats, toen scheen Mars ook zoo helder, dat menigeen hem voor Venus hield.

De verst mogelijke afstand van Mars en de aarde is natuurlijk

de afstand van het punt A tot hetzelfde punt Q, die is bijna $7\frac{1}{2}$ maal langer, maar dan is Mars niet in oppositie, maar in conjunctie met de zon.

Gaat gij nu de volgende opposities een voor een na, dan ziet gij, dat bij die van September 1879 de afstand van Mars tot de aarde reeds aanmerkelijk grooter was; nog grooter in December 1881, en eindelijk zoo groot mogelijk bij de oppositie van Februari 1884, waarop het kaartje in fig. 466 betrekking heeft. Nu neemt bij volgende opposities, die telkens na twee jaar en eenige dagen plaats hebben, die afstand weer af, tot hij bij de oppositie van Augustus 1892 weer nagenoeg zoo gering mogelijk is.

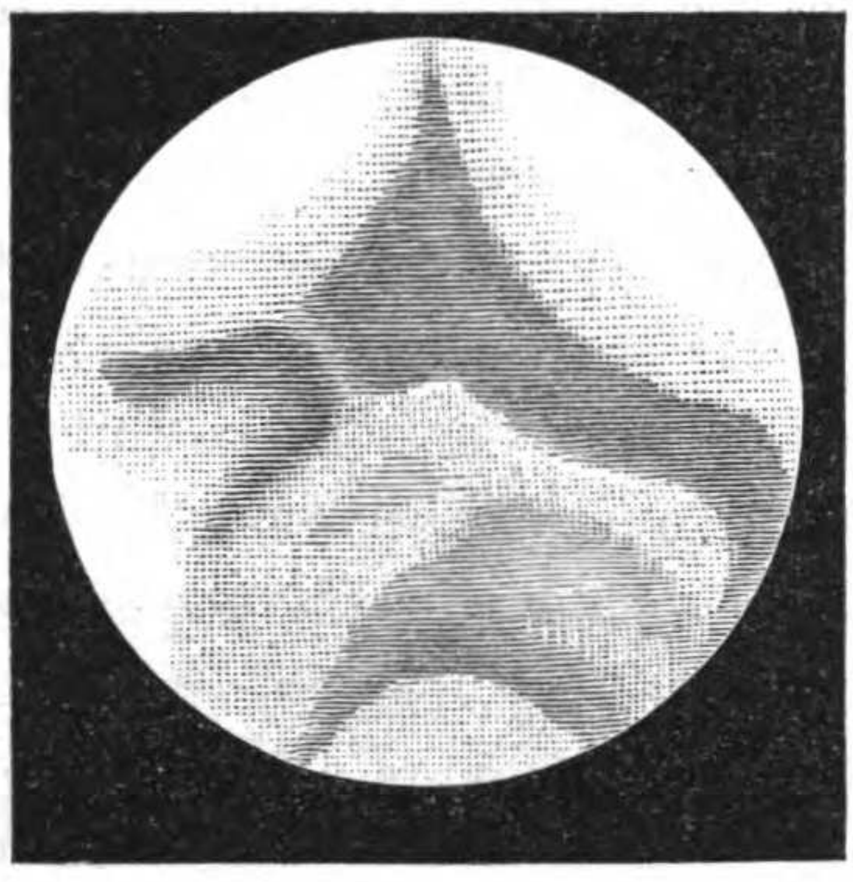
Gij begrijpt wel, dat dit de beste gelegenheden zijn, om door middel van een kijker Mars te bezichtigen. Vooral in deze eeuw is het aantal sterrekundigen, die zich met het beschouwen en afbeelden van Mars hebben bezig gehouden, zeer groot geweest.

Daardoor is men dan ook vele merkwaardige bijzonderheden omtrent Mars te weten gekomen. Door een sterken kijker bezien, vertoont Mars vlekken, die wellicht daaraan toe te schrijven zijn, dat zijne oppervlakte, evenals die onzer aarde, gedeeltelijk uit land, gedeeltelijk uit water bestaat. Als men nu eene teekening van Mars maakt, zooals hij zich bijv. des avonds ten 7 uur in een kijker vertoont, en men doet het om 10 uur weer, dan ziet men duidelijk, dat hij in die drie uur merkbaar om zijne as gedraaid heeft. Beziet men dan Mars den volgenden avond weer, dan ziet men, dat hij eerst ruim een half uur later dan den vorigen dag wederom hetzelfde voorkomen heeft. Daardoor kan men dus besluiten, dat hij in iets meer dan $24\frac{1}{2}$ uur om zijne as wentelt. Zet men dat langer tijd voort, dan kan men hoe langer hoe nauwkeuriger te weten komen, hoeveel tijd hij voor de wenteling om zijne as noodig heeft, en zoo is men door de afbeeldingen, die voor meer dan 200 jaren van Mars gemaakt waren, te vergelijken met die, welke in de laatste vijftig jaren vervaar-

digd zijn, er eindelijk toe geraakt, te weten, dat Mars éénmaal om zijne as draait in $24^u\ 37^m\ 22^s,7$. Gij ziet dus, dat op Mars de lengte der dagen slechts een groot half uur van die op de aarde verschilt.

Maar nog in een ander opzicht bestaat er tusschen die twee planeten overeenkomst. Gij weet, dat de as der aarde vrij schuin op het vlak harer loopbaan staat en dat daardoor het verschil der jaargetijden en moessons ontstaat. De afbeeldingen, die de sterrekundigen van Mars gemaakt hebben, hebben duidelijk aangetoond, dat dit met Mars evenzoo het geval is. Bij Mars is de hoek, dien zijne evennachtslijn met de vlakte zijner loopbaan maakt, 27½ graad; terwijl hij zijn omloop om de zon volbrengt, blijft zijne as, evenals dat bij de aarde het geval is, in denzelfden stand gericht. Op die planeet is dus een dergelijke zomer en winter als bij ons op de aarde. In fig. 469 toont *Z* het punt aan, waar Mars zich in zijne baan bevindt, als zijne noordpool het meest naar de zon gekeerd is, dan is het op zijn noorder-halfrond zomer, en *W* geeft het punt aan, waar hij zich bevindt, als zijne zuidpool naar de zon gekeerd is, als wanneer het in datzelfde halfrond winter, maar daarentegen in het zuider-halfrond zomer is. In het eerste geval is de noordpool van Mars, van de aarde af, ook te zien, de zuidpool daarentegen is onzichtbaar. Maar is Mars in het punt *W*, dan is omgekeerd zijne zuidpool voor ons zichtbaar en zijne noordpool niet. Het is nu zeer merkwaardig, dat door sterke kijkers gezien, Mars aan beide die polen heldere witte vlekken vertoont, die zonder twijfel aanduiden, dat er aldaar een neerslag van sneeuw valt, evenals op de aarde. Ik zal u eenige teekeningen laten

Fig. 473.



zien, die deze poolvlek duidelijk aangeven. Ja, het is zeer merkwaardig, dat als op de planeet Mars de zomer voor een der beide halfronden aankomt, men de sneeuwvlek kan zien verminderen. Zoo ziet gij hiernevens twee afbeeldingen, fig. 473 en 474, beide Mars voorstellende; zij zijn door denzelfden sterrekundige, namelijk Dawes, in Engeland, geteekend; maar de eerste afbeelding is den 22^{en} Juli, de andere den 14^{en} September 1862 gemaakt; in dat jaar was Mars den 5^{en} October in oppositie, dus tusschen de plaatsen in, waar in fig. 472 de opposities van 5 September 1877 en 20 October 1894 zijn aangegeven. De zuidpool had nu tusschen 22 Juli en 14 September, de dagen, dat die afbeeldingen gemaakt zijn, aanhoudend zonlicht, en het is niet te verwonderen, dat er de sneeuw hoe langer hoe meer wegsmolt. In fig. 475 ziet gij eene andere afbeelding, die den 25^{en} Mei 1873 door den heer Green, insgelijks in Engeland, vervaardigd is; toen was de oppositie reeds ongeveer een maand voorbij, de noordpool van Mars was daarbij naar de zon en ook naar de aarde toegekeerd. Hier zijn de beide poolvlekken zichtbaar, de noordelijke is klein, hetgeen niet te verwonderen is, want aan de noordpool van Mars was het toen de nazomer, en de zuidelijke poolvlek, was zoo groot, omdat het daar winter was.

Fig. 474.

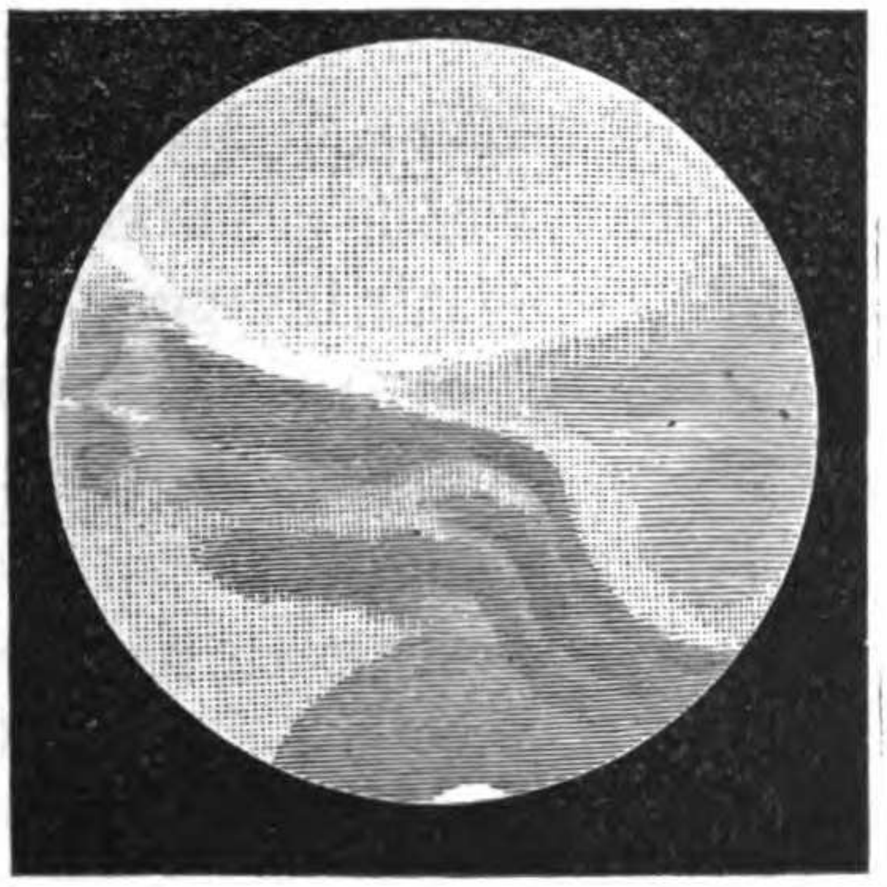
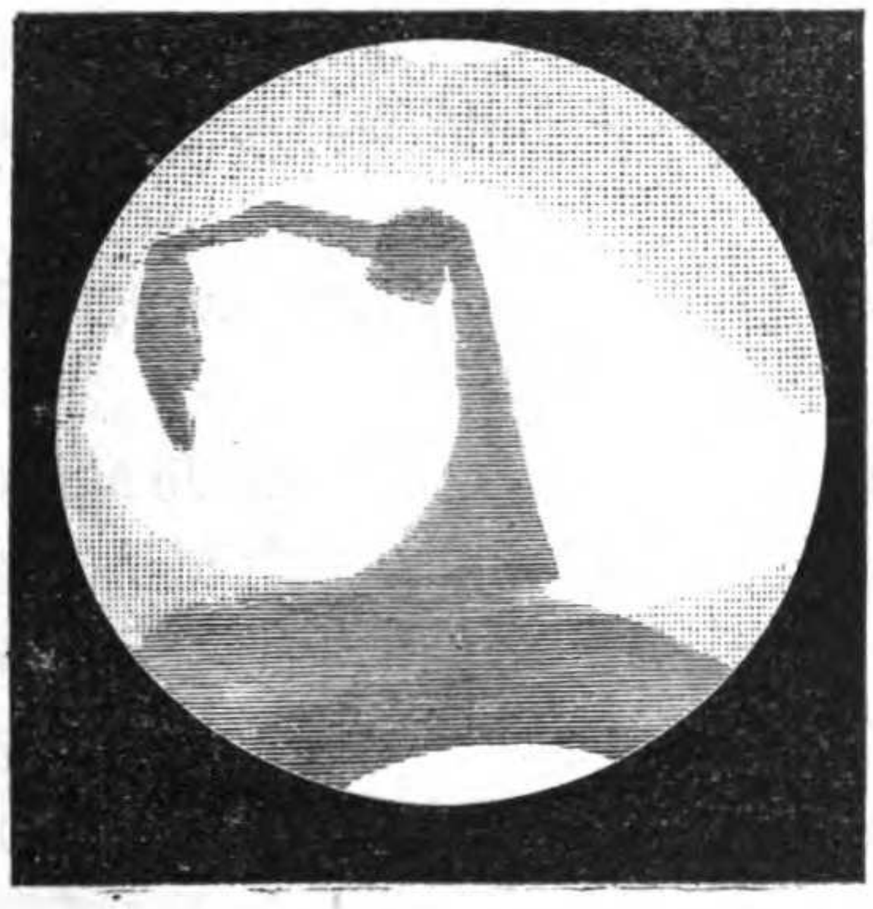


Fig. 475.



ABDULLAH. Maar mijnheer, die twee teekeningen, fig. 473 en 474 gelijken toch niets op elkaar.

DE HEER. Ja, dat is ook zoo; maar dat komt daarvandaan, dat beide teekeningen ook niet denzelfden kant van Mars vertoonen, want, zooals gij er onder ziet, zijn zij gemaakt, de tweede den 14^{en} September ten 18^{u} 50^{m}, (dat wil zeggen den 15^{en} September des morgens vroeg ten 6^{u} 50^{m},) en de eerste teekening den 22^{en} Juli ten 14^{u} 28^{m}, dat wil zeggen ten 2^{u} 28^{m} na middernacht, wat wij in het burgerlijke leven al den 23^{en} Juli noemen. Nu is tusschen die twee tijdstippen in, eene tijdruimte van 54 dagen 4 uren en 22 minuten, en nu heeft de planeet Mars voor 53 omwentelingen om hare as noodig:

$53 \times 24^{u}\ 37^{m}\ 22^{s},7$, d. i. 54 dagen 9 uur en 1 minuut;

gij ziet dus dat er nog 4 uur en 39 minuten te kort komen, en dat de teekenaar dus nog $4^{1}/_{2}$ uur had moeten wachten, alvorens hij dezelfde zijde van Mars weer voor zich in den kijker had. Het donkere gedeelte dat in de eerste figuur die punt in de hoogte maakt, is blijkbaar in de tweede figuur nog aan de linkerzijde; alleen het onderste gedeelte is er van zichtbaar en de rest aan den rand onduidelijk, hetgeen altijd met de vlekken op de meeste planeten het geval is, en wel zonder twijfel omdat de lichtstralen van vlekken, die op den rand der planeet zijn, zoo een groot eind weegs door den dampkring van Mars moeten afleggen.

ABDULLAH. Heeft Mars dan ook een dampkring, evenals de aarde, en leven daar ook menschen op?

DE HEER. Dat Mars een dampkring heeft, evenals de aarde, blijkt juist doordien de vlekken aan zijn omtrek altijd onduidelijk worden. Het schijnt ook dat in dien dampkring evenzoo wolken drijven als in den dampkring der aarde, want menigmaal hebben de sterrekundigen, die eene teekening van Mars maakten, ondervonden dat eene vlek, die zij zeker wisten, dat midden op de planeet zichtbaar moest zijn, niet duidelijk te zien was, terwijl dit een volgenden dag wel het geval was.

Maar of er op de planeet Mars menschen of dieren wonen, en of er planten en boomen groeien, daar weten wij niets van. Wij weten wel, dat daartoe de mogelijkheid bestaat, want een dampkring is er, dit blijkt uit hetgeen ik zooeven gezegd heb; water moet er ook wel zijn, dit blijkt uit de poolvlekken, die waarschijnlijk uit ijs of sneeuw bestaan; hoogstwaarschijnlijk zijn ook de donkere vlekken zeeën, en de lichte vlekken land; ja zelfs zouden wij wel kunnen beweren dat, hoewel Mars verder van de zon af is dan onze aarde, de temperatuur er, althans des zomers, niet te laag is, dat een mensch het er uit kan houden; maar verder gaat onze wetenschap niet. Hoewel Mars na Venus het dichtst bij de aarde komen kan, is de kortste afstand tusschen de aarde en Mars toch altijd zoo groot, dat bijv. een eiland, zeker 30 duitsche mijlen of bijna 150 paal in middellijn zou moeten hebben, om met de sterkste kijkers zichtbaar te zijn. Het eiland Madoera is iets meer dan half zoo lang en heeft slechts $^1/_6$ van die breedte. Bestaat er op Mars zulk een eiland, dan kan het in de sterkste kijkers zonder twijfel niet gezien worden. Java, Sumatra en Borneo daarentegen zouden er zichtbaar kunnen zijn.

Gij ziet dus wel, hoe weinig kans wij hebben, iets van de bewoners van Mars of van andere planeten te weten. Wij kunnen alleen vermoeden, dat wanneer eene planeet, evenals de aarde, de mogelijkheid aanbiedt, dat er levende wezens zijn, die daar ook, evenals op de aarde, niet zullen ontbreken.

---

§ 262.

OVER DE PLANETEN JUPITER EN SATURNUS. BIJ DEZE ZIET MEN, EVENMIN ALS BIJ MARS, DE FLIKKERING, ZOOALS BIJ DE VASTE STERREN. VERKLARING HIERVAN.

DE HEER. Wij hebben, Abdullah, nog twee merkwaardige planeten te behandelen, ik heb ze u al vroeger genoemd, zij

heeten Jupiter en Saturnus. Zij doen zich ook door hare helderheid spoedig opmerken, zoodra zij aan den hemel zichtbaar zijn; Jupiter is zoo helder en heeft zulk prachtig wit licht, dat menigeen hem onbedacht voor Venus aanziet. Saturnus is minder helder, maar is toch door zijn rustig en stil licht gemakkelijk van de sterren der eerste grootte te onderscheiden, die alle meer flikkeren, vooral als zij laag aan den hemel zijn. Van de vijf groote planeten doen Venus, Mars, Jupiter en Saturnus dit niet, daardoor kan men ze ook altijd dadelijk van de vaste sterren onderscheiden. Alleen Mercurius doet het wel, en dit heeft gemaakt, dat reeds de Grieken hem, twee duizend jaren geleden, *de flikkerende planeet* noemden.

ABDULLAH. Wel mijnheer, dat is vreemd, en hoe zou dat komen?

DE HEER. Als men er een weinig over nadenkt, dan is dit zoo vreemd niet; de verklaring ervan is niet moeielijk te geven.

Hebt gij wel eens over een weg, waarop de zon scheen, naar een verwijderd voorwerp gekeken, bijv. een boom of een huis?

ABDULLAH. O ja mijnheer, en ik heb opgemerkt, dat het huis of de boom dan niet stil schijnt te staan, maar zich een weinig op en neer, en heen en weer schijnt te bewegen.

DE HEER. Juist zoo; welnu, dat verschijnsel is maar een gezichtsbedrog, zooals gij wel zult begrijpen. De lucht boven zulk een weg, die door de zon beschenen wordt, wordt warm, warmer dan de lucht die er boven is, daardoor stijgt zij naar boven, en vermengt zich daarbij golvenderwijze met die bovenlucht. Als nu het licht van een verafzijnd voorwerp, door zulke golvende lucht komt, waar dichtere en dunnere lucht zich door elkander beweegt, dan worden de lichtstralen aanhoudend gebogen, zooals ik u dat vroeger wel heb uitgelegd, toen wij over de straalbreking spraken. Maar doordien die dikkere en dunnere lucht aanhoudend in beweging zijn, is die buiging ook geen oogenblik dezelfde, zij verandert van oogenblik tot oogenblik; het gevolg is dat gij, een ver verwijderd voorwerp beziende, het niet ziet stilstaan, maar aanhoudend,

op en neer, en links en rechts ziet bewegen. Als nu dat voorwerp één enkel lichtend punt is, namelijk eene vaste ster, dan kan dat afwijken van de lichtstralen ten gevolge hebben, dat zij beurtelings wel en beurtelings niet het oog bereiken, daardoor heeft men in ééne sekunde herhaaldelijk duisternis en licht, en dit is het, wat het flikkeren der sterren uitmaakt.

Terwijl nu eene vaste ster slechts een enkel punt aan den hemel inneemt, beslaat de schijf eener planeet eene zekere uitgebreidheid, zoodat, als, op een zeker oogenblik, van het eene gedeelte van die schijf geen enkele lichtstraal het oog van den waarnemer bereikt, er dan altijd weer wel van een ander gedeelte licht gezien wordt, zoodat er nooit oogenblikken zijn, waarop men in het geheel geen licht ziet, zooals met eene vaste ster wel het geval is. Nu is Mercurius van die planeten de kleinste, en wordt bovendien nooit anders dan bij den horizon gezien, waar de lichtgolving het sterkst is; de andere vier planeten, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus bieden grootere schijven aan, en het is dus niet te verwonderen dat Mercurius de eenige onder die vijf planeten is, die dezelfde flikkering vertoont als de vaste sterren.

Beziet men de planeten met een kijker, dan ziet men, even goed als wanneer men de maan beziet, die golving der lucht duidelijk aan hare randen. Die golving is niet altijd even sterk; is zij gering, dan hindert zij niet altijd in het bezien van de planeet, maar is zij sterk, dan maakt zij dat men de fijne bijzonderheden van hare oppervlakte niet goed kan onderscheiden.

---

§ 263.

OVER DEN SCHIJNBAREN LOOP VAN JUPITER EN SATURNUS.

Als gij u nu herinnert, waardoor zich eigenlijk de planeten van de zoogenoemde vaste sterren onderscheiden, namelijk doordien zij tusschen deze door zich aan den hemel bewegen, dan moeten wij, als wij iets naders omtrent haar willen weten,

ook in de eerste plaats vragen, *hoe* hare beweging of, zooals men het noemt, haar schijnbare loop aan den hemel is. Dat hebben natuurlijk de oudste volken, die zich met sterrekunde bezig hielden, ook gedaan. Wat zij op die manier met betrekking tot Jupiter en Saturnus vonden, komt in één opzicht met datgene overeen, wat wij van Mars hebben gezien, in andere opzichten wijkt het daarvan af.

Wij hebben gezien dat Mars van tijd tot tijd terugloopt, en na ruim twee maanden zulk eene teruggaande beweging gehad te hebben, weer in eene rechtloopende beweging overgaat. In zoover komen Jupiter en Saturnus met Mars overeen, want zij bewegen zich evenzoo nu en dan in eene teruggaande richting.

Maar het verschil met Mars is gelegen:

1°. in de *tijdruimte* tusschen twee oppositie, die is bij Mars iets meer dan twee jaar, bij Jupiter en Saturnus iets meer dan één jaar.

2° daarin dat Mars tusschen twee teruggangen den *geheelen hemel* en nog een kleinen boog doorloopt terwijl Jupiter en Saturnus slechts een kleinen boog doorloopen;

3°. in den *duur* van den teruggang; deze is

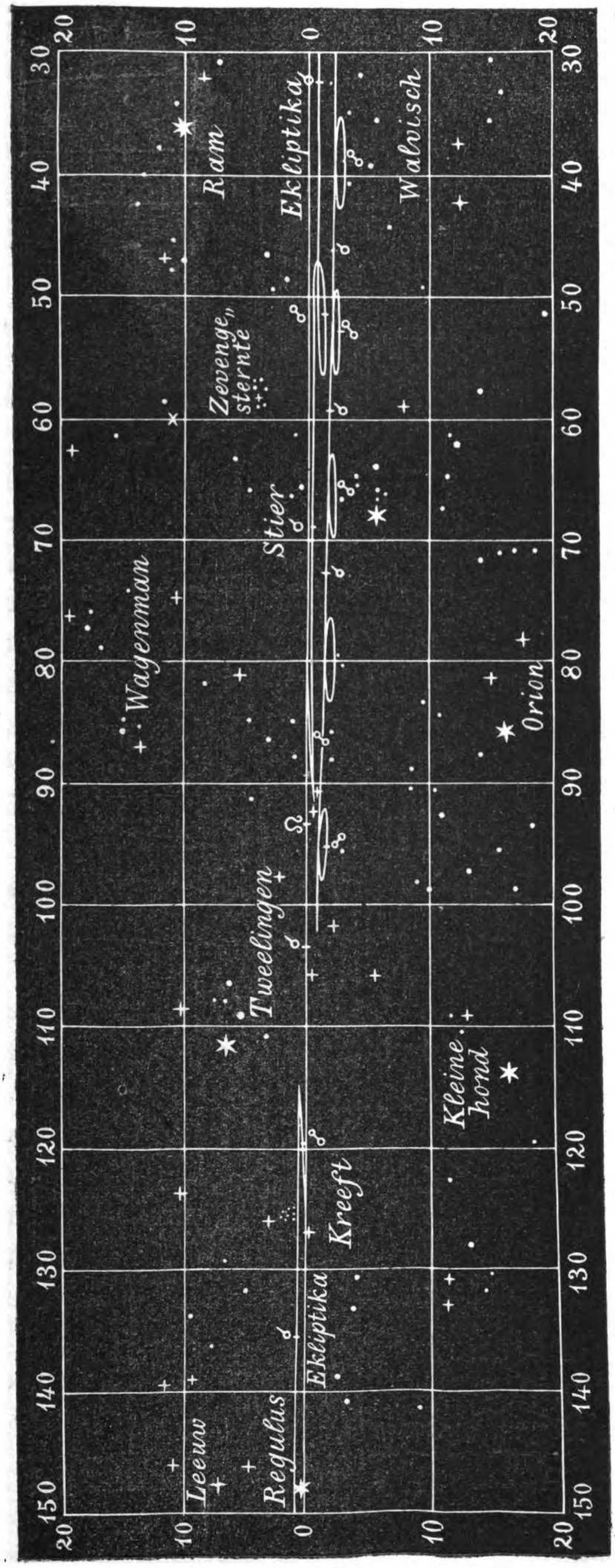
bij Mars	59	tot	79	dagen,
bij Jupiter	118	„	122	„ ,
bij Saturnus	136	„	140	„ ;

4°. in den *boog*, dien de planeet in dien teruggang aan den hemel doorloopt; die boog is

bij Mars tusschen	10	tot	20	graden,
bij Jupiter altijd zeer nabij	10			„ ,
bij Saturnus tusschen	6	en	7	„ .

Al die verschillen kunnen gemakkelijk verklaard worden; eerst moet ik u nog eens opmerkzaam maken welken loop men nu die twee planeten Jupiter en Saturnus wel ziet maken, als men ze niet gedurende een korten tijd, maar gedurende jaren achtereen waarneemt; dit wordt eerst recht merkwaardig. In fig. 476 ziet gij daarvan eene voorstelling; en wel van den

Fig. 476,



loop van Jupiter gedurende het tijdvak van 10 April 1881 tot 31 December 1884, en den loop van Saturnus van 1 April 1881 tot 31 December 1884. De loop van Jupiter is voorgesteld door de bovenste en langste kromme lijn, die van Saturnus door de onderste en kortste. Gij ziet hier nu in den loop van Jupiter drie teruggangen; midden in den boog, die gedurende dien teruggang door de planeet beschreven wordt duidt het teeken ♂ aan, dat hij in oppositie met de zon was; dit had namelijk plaats, den 13^{en} November 1881 in den stier, den 18^{en} December

1882 in de Tweelingen, den 19en Januari 1884 in de Kreeft, daarentegen ziet gij midden tusschen de nagenoeg rechte bogen, die de verschillende teruggangen vereenigen, punten, waarbij het teeken ♂ staat, dat wil zeggen, dat als de planeet daar is, zij dan met de zon in *conjunctie* is. Dan is zij dus niet te zien, want dan staat zij vlak bij de zon, en dan gaat zij tegelijk met de zon op en onder.

Van Saturnus zijn vijf opposities op het kaartje voorgesteld, namelijk van 1 November 1881 in den Ram; van 15 November 1882, 29 November 1883 en 12 December 1884 in den Stier, en van 26 December 1885 in de Tweelingen.

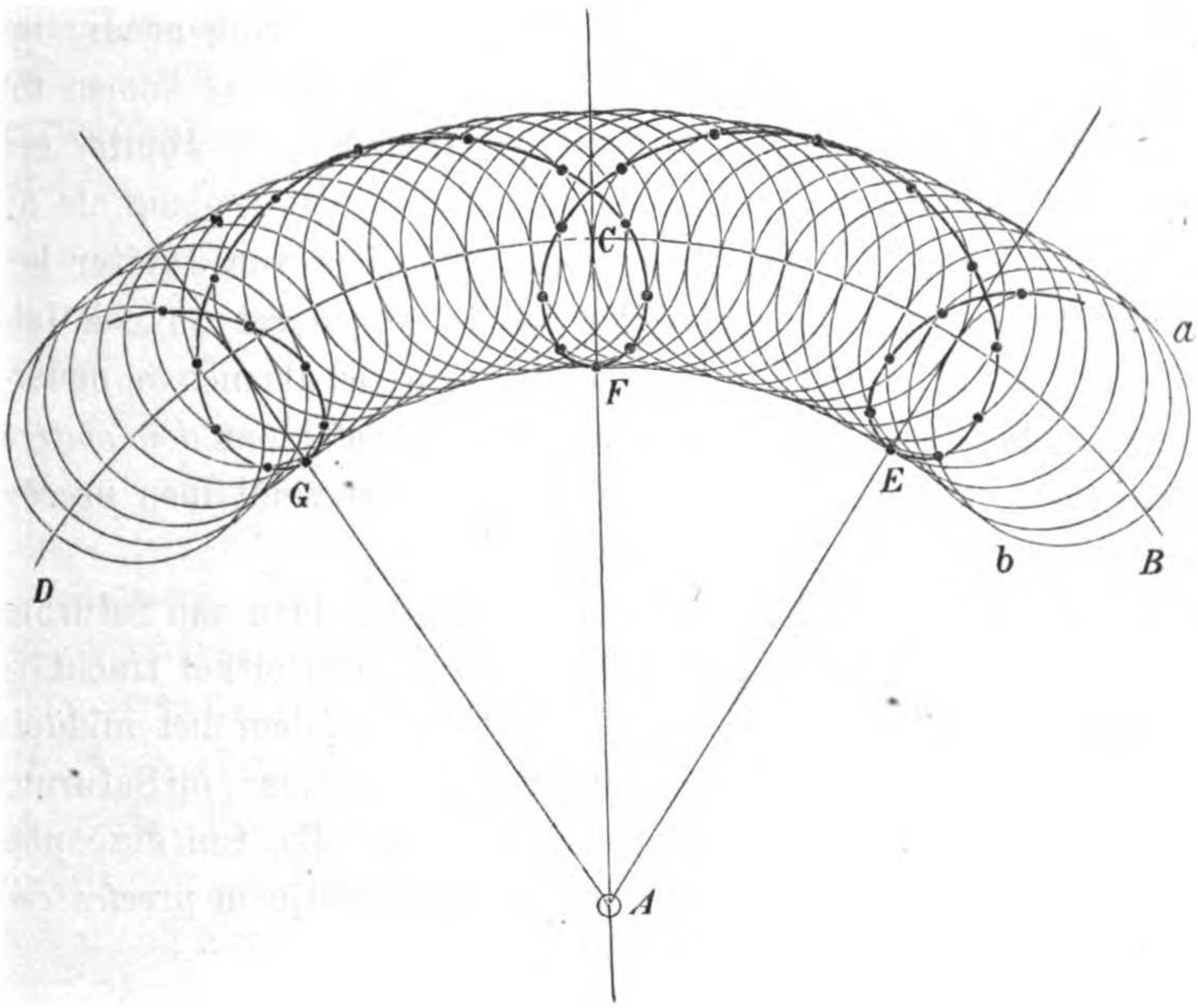
Zooals gij nu den loop dezer planeten op dit kaartje voor den tijd van drie jaar vindt afgebeeld, zoo gaat het nu jaar op jaar door, en eindelijk zijn zij den geheelen hemel doorgeloopen en komen weer zeer nabij terug op de plaats, waar zij vroeger geweest zijn; en dit duurt nu bij Jupiter bijna 12 jaar, in welken tijd hij 11 maal zoo een teruggang gehad heeft, en dus ook 11 maal in oppositie met de zon geweest is, en bij Saturnus omtrent 29½ jaar, in welken tijd hij volle 28 maal een teruggang gehad heeft, en 28 maal in oppositie met de zon geweest is. Nu is de vraag om dit te verklaren.

ABDULLAH. Dat is vreemd genoeg, men zou waarlijk bijna gelooven, dat Jupiter in 12 en Saturnus in 29½ jaar om de aarde draait.

DE HEER. Ja juist, en dat geloofde Ptolemaeus en zijne tijdgenooten ook; maar hoe dan die teruggangen te verklaren? Die oude sterrekundigen hadden daartoe het volgende verzonnen. Zij stelden ten eerste, dat de aarde in het middelpunt van het geheele planetenstelsel stond, en dat Jupiter niet in een cirkel om de aarde draaide, maar dat hij, zie fig. 477, in een kleineren cirkel *a b* wentelde en het middelpunt van dezen cirkel in een grooteren kring *B C D* om de aarde draaide. Als gij nu den loop van het zwarte stipje nagaat, dat Jupiter moet voorstellen, en u dan verbeeldt, dat gij u in het middelpunt *A* van den grooten cirkel bevindt, dan zult

gij zien, dat de beweging van Jupiter, zooals ik u die be-

Fig. 477.



schreven heb, met de teruggangen er bij, zeer goed verklaard zou kunnen worden.

ABDULLAH. En wat stond er dan in het middelpunt van dien kleinen cirkel?

DE HEER. Niets, dat werd verondersteld ledig te zijn.

ABDULLAH. Maar dat is toch eene zonderlinge onderstelling. Hoe kan nu eene planeet loopen om een middelpunt, dat ledig is, en waar dus geen ander lichaam in is?

DE HEER. Dat is nu gemakkelijk te zeggen, maar gij moet niet vergeten, dat in die tijden niets voor zekerder doorging dan dat de aarde het middelpunt van het heelal innam en stilstond. Zelfs de wenteling van den hemel in 24 uren werd als een werkelijk bestaand verschijnsel aangenomen, terwijl wij

nu weten, dat zij slechts schijn is en teweeggebracht wordt door de wenteling van de aarde om hare as.

Maar wat was nu het vreemde van de geheele zaak? Gij begrijpt wel, dat de tijd, die bij deze verklaring noodig is, om van het midden E van den eenen teruggang te komen tot het midden F van een volgenden teruggang, bij Jupiter een weinig langer dan een jaar moest duren; juist zoolang als nu de tusschenruimte tusschen twee oppositie van Jupiter bedraagt. In het kleine cirkeltje zelf is de planeet nu ook iets meer dan een vollen omtrek rondgegaan, en als men nu onderzoekt, hoeveel tijd de planeet noodig heeft, om *den omtrek zelf* van dat cirkeltje rond te loopen, dan vindt men *precies een jaar*.

Hetzelfde nu vindt men, indien men den loop van Saturnus op die wijs met dien grooten en dien kleinen cirkel tracht te verklaren. Bij Jupiter zou de groote cirkel door het middelpunt van den kleinen doorloopen worden in 12 jaar, bij Saturnus in $29\frac{1}{2}$ jaar, bij Mars in bijna 2 jaar, maar elke van deze planeten zou den omtrek van het *kleine* cirkeltje in *precies een jaar* doorloopen.

Niet alleen dus hebt gij gelijk met er u over te verwonderen, dat de oude sterrekundigen die planeten in een kringetje lieten loopen, in wiens middelpunt geen ander hemellichaam stond, maar ook was het moeielijk verklaarbaar, waarom drie verschillende planeten, Mars, Jupiter en Saturnus, precies denzelfden tijd zouden noodig hebben, om dat kringetje af te loopen.

Maar al die zwarigheid vervalt, nu wij weten, dat de zon het middelpunt van het planetenstelsel inneemt, en de aarde om de zon loopt in den tijd van een jaar. Gij hebt gezien, dat bij Mars de teruggang eenvoudig daardoor verklaard werd, omdat de aarde in hare baan zich schielijker beweegt dan Mars in de zijne; welnu, zoo is het met Jupiter en Saturnus ook; die teruggangen zijn, om zoo te spreken eene afspiegeling van de beweging der aarde om de zon, in den tijd van een jaar, en

door deze beweging aan te nemen, is het niet meer noodig te veronderstellen dat die planeten ieder haar kleine kringetje, ook in den tijd van een jaar rondloopen. Men behoeft alleen maar op de beweging, den geheelen hemel rond te letten, en die geschiedt door Jupiter in bijna 12 jaar en door Saturnus in omtrent 29½ jaar. Dit zijn nu ook de tijden, waarin die planeten hunnen omloop verrichten, niet om de aarde maar om de zon.

---

§ 264.

OVER DE AFMETINGEN EN DEN VORM DER LOOPBANEN VAN JUPITER EN SATURNUS.

ABDULLAH. Maar mijnheer, loopen dan Jupiter en Saturnus om de zon in cirkels of in ellipsen, evenals de andere planeten?

DE HEER. Gij begrijpt wel dat dit alleen uit te maken is door den loop van die planeten met de meeste nauwkeurigheid na te gaan. Beweegt Jupiter zich in een cirkel, om de zon, dan moet zijn loop om de zon ook regelmatig zijn: maar beweegt hij zich in eene ellips, dan is die beweging in het eene gedeelte der loopbaan sneller dan in het andere gedeelte. En dit geldt niet alleen van zijne *werkelijke* snelheid, die gij zoudt kunnen uitdrukken, door te zeggen hoeveel meters hij in eene sekonde aflegt, maar ook van zijne *schijnbare* snelheid, gezien uit de zon; waardoor bedoeld wordt, hoeveel sekonden boogs Jupiter in eene sekonde doorloopt.

Nu zult gij zeggen, hoe kan men daaromtrent iets weten? want wij kunnen toch niet naar de zon gaan, om daar te zien hoe Jupiter loopt. Dat is wel zoo, maar er is toch een eenvoudig middel, om toch elke keer als de planeet weer in een teruggang is, ééns te weten in welke richting zij uit de zon gezien wordt; want als de planeet, juist tegenover de zon staat, dan is de richting waarin zij uit de zon gezien zou worden, dezelfde als die, waarin zij uit de aarde gezien wordt. En het oogenblik, waarop dit gebeurt, kan een sterrekundige

licht bepalen; het is het oogenblik der *oppositie*; dan is, langs de ekliptika geteld, de lengte der planeet juist 180° meer dan de lengte der zon.

Als men nu den loop van Jupiter gedurende eene reeks van jaren nagaat, wat ziet men dan?

Het blijkt dan dat als de opposities in de maanden September en October vallen, als wanneer Jupiter dan in de sterrebeelden de Visschen en den Ram staat, zooals in 1879 en '80 het geval geweest is, er tusschen twee opposities de langste tijd, namelijk 403 dagen inligt, maar ook dat Jupiter den grootsten boog in den tusschentijd beschrijft, namelijk omtrent 37 graden. Tusschen twee zulke opposities in beweegt Jupiter zich dus, uit de zon gezien, per dag 37 graden, gedeeld door 403, d. i. omtrent 5′,5.

Maar vallen twee opposities in de maanden Maart en April, zooals bijv. in de jaren 1874 en 1875, dan is de tijdruimte tusschen die twee opposities geringer, nl. 395 dagen en de boog, dien Jupiter in dien tijd doorloopt, is slechts 30°, zoodat de beweging der planeet per dag geweest is 30 graden, gedeeld door 395, d. i. omtrent 4′,6.

Op die wijs is dus gebleken, dat Jupiter ook, evenals Mars en Venus, niet in een cirkel, maar in eene ellips om de zon loopt, en wel, dat het naaste punt (het perihelium) in de richting ligt, waar de aarde zich in het begin der maand October bevindt.

Ook is het mogelijk uit hetgeen ik u omtrent die beweging van Jupiter in October en April mededeelde, af te leiden hoe groot de uitmiddelpuntigheid der loopbaan van Jupiter is.

Want ik heb u gezegd, dat gebleken is, dat de beweging per dag

is op zijn minst . . . . 4′,6
en op zijn meest 5,5,

dit geeft een verschil van 0′,9,

dat is dus omtrent $\frac{1}{5}$ van het bedrag.

Maar als gij u nu herinnert, wat ik u vroeger (1e stukje, § 21,) omtrent de verschillende snelheid gezegd heb, die de aarde in verschillende punten van hare loopbaan heeft, dan zult gij nu ook wel begrijpen, hoeveel de uitmiddelpuntigheid der loopbaan van Jupiter bedragen moet. Want gij herinnert u, dat die grootere schijnbare snelheid in het naaste punt, slechts voor de helft toe te schrijven is aan wezenlijke grootere snelheid, en voor de helft omdat de planeet op die plaats dichter bij de zon is. Daaruit volgt dus, dat het verschil in afstand slechts de helft van $\frac{1}{5}$ of $\frac{1}{10}$ van het geheel bedraagt.

Maar in het naaste punt is de afstand gelijk aan den gemiddelden, verminderd met de uitmiddelpuntigheid, en in het verste punt is de afstand gelijk aan den gemiddelden, vermeerderd met de uitmiddelpuntigheid; zoodat de uitmiddelpuntigheid zelve weer slechts de helft bedraagt van het gevonden verschil en dus ongeveer $\frac{1}{20}$ bedraagt. Het is dus driemaal grooter dan bij de loopbaan der aarde, waar de uitmiddelpuntigheid slechts $\frac{1}{60}$ bedraagt.

Eene dergelijke uitkomst wordt ook voor Saturnus verkregen, namelijk $\frac{1}{18}$. Het dichtste punt van de loopbaan van Saturnus ligt naar die zijde, waar de aarde, uit de zon gezien, den 21 December is.

Maar nu moet men nog weten, hoe groot de loopbanen zelve zijn. Dit hebben de sterrekundigen onder anderen kunnen vinden door te zoeken, hoe groot die moeten aangenomen worden, om teruggangen over zulk een boog te verkrijgen, als bij Jupiter en Saturnus zijn waargenomen. Want hoe grooter men den afstand eener planeet tot de zon aanneemt, hoe geringer die boog wordt. Nu is het op die wijs gebleken, dat de middelbare afstand van Mars is 1,6, die van Jupiter 5,2, en die van Saturnus 9,54 maal die er aarde.

---

§ 265.

REDEN WAAROM DOOR DE PLANETEN JUPITER EN SATURNUS NIET GEHEEL AAN DE DERDE WET VAN KEPPLER VOLDAAN WORDT.

DE HEER. Herinnert gij u nog wel, Abdullah, wat ik u vroeger van het verband verhaald heb, dat bij Mercurius, Venus en de aarde bestaat tusschen de afstanden en de omloopstijden?

ABDULLAH. O ja, mijnheer. U meent, geloof ik, de derde wet van Keppler; en die bestaat, als ik wel heb, daarin, dat de tweede machten der omloopstijden tot elkander staan als de derde machten der afstanden.

DE HEER. Juist zoo, wij hebben vroeger gezien, dat die wet bij Mercurius, Venus en de aarde plaats heeft, en dat zij gemakkelijk verklaard kan worden, als men eerst weet hoe de aantrekkingskracht der zon vermindert als de afstand tot de zon vermeerdert. Gij herinnert u ook dat door die afstanden verstaan moeten worden de *middelbare* afstanden, dat wil zeggen, afstanden, die juist evenveel van den grootsten als van den kleinsten afstand verschillen.

ABDULLAH. Dus mijnheer, komt het bij Jupiter en Saturnus nu ook uit?

DE HEER. Daar wilde ik u juist eens over spreken. Ik zal u eens een weinig nauwkeuriger dan ik vroeger deed, laten zien, hoe groot de middelbare afstanden, en hoe groot de omloopstijden der zes planeten zijn, waarvan wij nu al gesproken hebben. Ik zeg zes, omdat ik de aarde meetel.

	Middelbare afstanden.	Omloopstijden in jaren van 365,25636 dagen. (Zie 3e stukje § 116).
Mercurius	0,38710	0,24084
Venus . . .	0,72333	0,61519
de Aarde .	1,00000	1,00000
Mars . . .	1,52369	1,88081
Jupiter . .	5,20280	11,86177
Saturnus .	9,53885	29,45668.

Laat ons nu eens zien of ook, ten minste voor zoover de eerste vijf of zes cijfers aangaat, de derde wet van Keppler geheel en al nauwkeurig uitkomt. Wij zullen daarvoor weder de derde machten der afstanden en de tweede machten der omloopstijden moeten nemen.

	Derde machten der middelbare afstanden.	Tweede machten der omloopstijden.
Mercurius	0,05801	0,05801
Venus. . .	0,37845	0,37845
de Aarde.	1,00000	1,00000
Mars . . .	3,53746	3,53746
Jupiter . .	140,835	140,702
Saturnus .	867,957	867,696.

ABDULLAH. Wel, dat is vreemd; bij de vier eerste komt het uit, maar bij Jupiter en Saturnus niet.

DE HEER. Juist; maar de reden daarvan is zoo moeilijk niet te vinden. Want herinner u maar eens, wat ik u heb laten zien, toen ik u het eerst over de derde wet van Keppler sprak, (3e stukje § 114). Ik heb u toen medegedeeld, dat die wet een noodzakelijk gevolg was van de zoogenaamde wet van de aantrekkingskracht, de wet van Newton, en ik heb u tevens laten zien, dat als men omgekeerd de derde wet van Keppler kent, men er de wet der aantrekkingskracht uit kan afleiden.

Maar wat is nu het geval. Beschouwen wij de zon en eene planeet. De zon trekt de planeet aan, en die aantrekking, op elk deeltje der planeet, hangt af, dit weet gij reeds, zoowel van de massa der zon, als van den afstand tusschen de zon en de planeet. Maar de planeet trekt de zon ook aan, en die aantrekking, op elk deeltje der zon, is zooveel maal geringer, dan de aantrekking der zon op elk deeltje der planeet, als de massa der planeet lichter is dan die der zon. Wat is nu het gevolg? Als er geene beweging van de planeet om de zon bestond, maar indien beide, zon en planeet, een oogenblik stil stonden, dan zou dadelijk niet alleen de planeet tot de zon, maar ook de zon, al is het dan slechts zeer weinig,

tot de planeet naderen. Beschouwt men dus de beweging der planeet ten opzichte der zon, dan is het even goed alsof de aantrekkingskracht der zon, eene kleine vermeerdering gekregen heeft, en wel met zulk een gedeelte als de massa der planeet bedraagt, ten opzichte van de massa der zon.

Nu zijn de massa's van Mercurius, Venus, de Aarde en Mars zoo gering met betrekking tot die der zon, dat het verschil, waarover wij nu spreken ter nauwernood merkbaar is, althans niet, als wij slechts vijf decimalen gebruiken, zooals wij gedaan hebben *). Maar met Jupiter en Saturnus is dat anders. Jupiter heeft eene massa; die omtrent een duizendste gedeelte der zon bedraagt, nauwkeuriger $\frac{1}{1047}$; Saturnus omtrent $\frac{1}{3500}$.

Als men nu door de wiskunde nagaat, wat het gevolg daarvan is, dan vindt men dat eene vermeerdering van de massa der zon een verminderden omloopstijd moet ten gevolge hebben. Gij herinnert u, dat toen ik u vroeger over de ster alpha van het sterrebeeld Centaurus sprak, ik u toen reeds heb laten zien, dat de omloopstijd kleiner was, dan zij wezen zoude als de hoofdster de zon was; en tevens dat dit eenvoudig verklaard kon worden doordien die ster meer massa bevatte dan de zon (4e stukje, § 183).

Het is dus niet te verwonderen dat die getallen, die wij zooeven gevonden hebben, door de tweede macht van de omloopstijden te nemen, *kleiner* zijn dan de derde machten der middelbare afstanden. Maar als men nu op eene dergelijke wijze redeneert als ik toen gedaan heb, toen wij over die ster in Centaurus spraken, dan vindt men dat men die tweede machten der omloopstijden slechts behoeft te vermeerderen met

---

*) Zeer nauwkeurig zijn de massa's dier planeten niet bekend. De volgende getallen kunnen echter niet ver van de waarheid verwijderd zijn: Mercurius $\frac{1}{5\,000\,000}$; Venus $\frac{1}{425\,000}$; de Aarde $\frac{1}{320\,000}$; en Mars $\frac{1}{2\,950\,000}$.

dezelfde breuk als de massa der planeet is ten opzichte van de massa der zon, dan zal de proef veel beter uitkomen.

Bijvoorbeeld voor Jupiter vonden wij . . .	140,702
hiervan $\frac{1}{1048}$ is	0.134
maakt te zamen	140,836

hetgeen op ééne eenheid in de derde decimaal na, reeds uitkomt.

Voor Saturnus	867,696
hiervan $\frac{1}{3500}$ is	0,248
maakt te zamen	867,944

Dit getal komt nu wel nog niet geheel uit met het getal 867,957, dat wij verkregen hebben door den middelbaren afstand in de derde macht te verheffen, maar ook dat kleine verschil kan zeer goed verklaard worden. Het komt voornamelijk daarvandaan, dat de planeet Jupiter zich altijd binnen de loopbaan van Saturnus bevindt, en dat derhalve zijne aantrekking, evenals die van de zon, Saturnus altijd naar binnen en nooit naar buiten trekt. Die aantrekking kan men dus beschouwen als zich bij die der zon te voegen en het getal, dat wij gevonden hebben, moet dus daardoor nog eene kleine vermeerdering ondergaan. Let men op dit alles, dan komt het precies uit.

Ik heb u dit juist daarom medegedeeld, omdat gij daaruit zoudt zien, hoe het bestaan der algemeene aantrekkingskracht door allerlei verschijnselen bevestigd wordt. Niet alleen de zon trekt de planeten aan, maar de planeten trekken ook de zon en elkander aan.

Toen Keppler in het jaar 1618 zijne derde wet vond, waren de omloopstijden en afstanden der planeten nog niet zoo nauwkeurig bekend, dat hij het verschil zou gemerkt hebben, dat wij nu gevonden hebben; maar dat was maar gelukkig, want anders had hij stellig te vergeefs naar de reden van dat verschil gezocht; en had hij zijne wet wellicht niet eens bekend

gemaakt, die toch voor de sterrekunde van zooveel gewicht geweest is.

Eerst in 1682 werd het bestaan der algemeene aantrekkingskracht door Newton gevonden, en met haar moet men natuurlijk bekend zijn, om te weten, dat niet alleen de zon, maar ook de planeten aantrekken.

---

§ 266.

HOE JUPITER ZICH, DOOR EEN KIJKER GEZIEN, VERTOONT.

ABDULLAH. Mijnheer, mag ik u nu iets vragen? Ziet Jupiter er nu door een kijker evenals Mars uit?

DE HEER. Wel eenigszins; in zoover, dat men duidelijk zien kan, dat het een nagenoeg bolvormig lichaam is; maar er is toch verschil in. In de eerste plaats is de kleur van Jupiter niet zoo rood als die van Mars, hij schittert met een wit licht; dit kan men trouwens ook zonder kijker wel zien. Dan kan men, zelfs door een kijker, niet zien dat Mars eene afplatting heeft, hetgeen niet te verwonderen is, daar de omwentelingstijd van Mars om zijne as iets meer is dan die der aarde; gij herinnert u immers wel, wat ik u vroeger heb medegedeeld omtrent de afplatting der aarde?

ABDULLAH. O ja, mijnheer, u hebt mij, meen ik, gezegd, dat als de middellijn der aarde aan de evennachtslijn = 300 deelen genomen wordt, dat dan de middellijn tusschen de polen 299 deelen is.

DE HEER. Juist zoo, men drukt dat ook uit door te zeggen dat de afplatting $\frac{1}{300}$ bedraagt. Nu draait Mars nog iets langzamer om zijne as dan de aarde, daardoor is het te verwachten, dat zijne afplatting geringer is dan die der aarde. Het is dus niet te verwonderen, dat de afplatting van Mars in een kijker niet zonder opzettelijke meting te onderkennen is.

Maar met Jupiter is het geheel anders gesteld. Jupiter

vertoont zich door een middelmatigen kijker als een sterk afgeplatte bol, hetgeen reeds dadelijk doet vermoeden, dat hij tamelijk snel om zijne as draait. Dit is dan ook het geval; de vlekken, die soms op zijne oppervlakte zichtbaar zijn, hebben namelijk doen zien, dat de tijd der aswenteling is $9^u\ 55^m$, dus nog niet de helft van dien der aarde.

Verder vertoont Jupiter niet zulke vaste vlekken als Mars; men heeft dus niet van hem evenals van Mars eene wereldkaart kunnen maken. Jupiter vertoont, zie fig. 478, eenige banden, zoowel donkere als lichte, evenwijdig aan zijne evennachtslijn, en deze zijn veranderlijk, zoowel in aantal als in omtrekken. Wat de aard dier banden is, kunnen wij alleen gissen; de lichte banden zijn waarschijnlijk wolken, die in den dampkring van Jupiter drijven, de donkere wellicht de vaste bodem der planeet zelve.

Fig. 478.



---

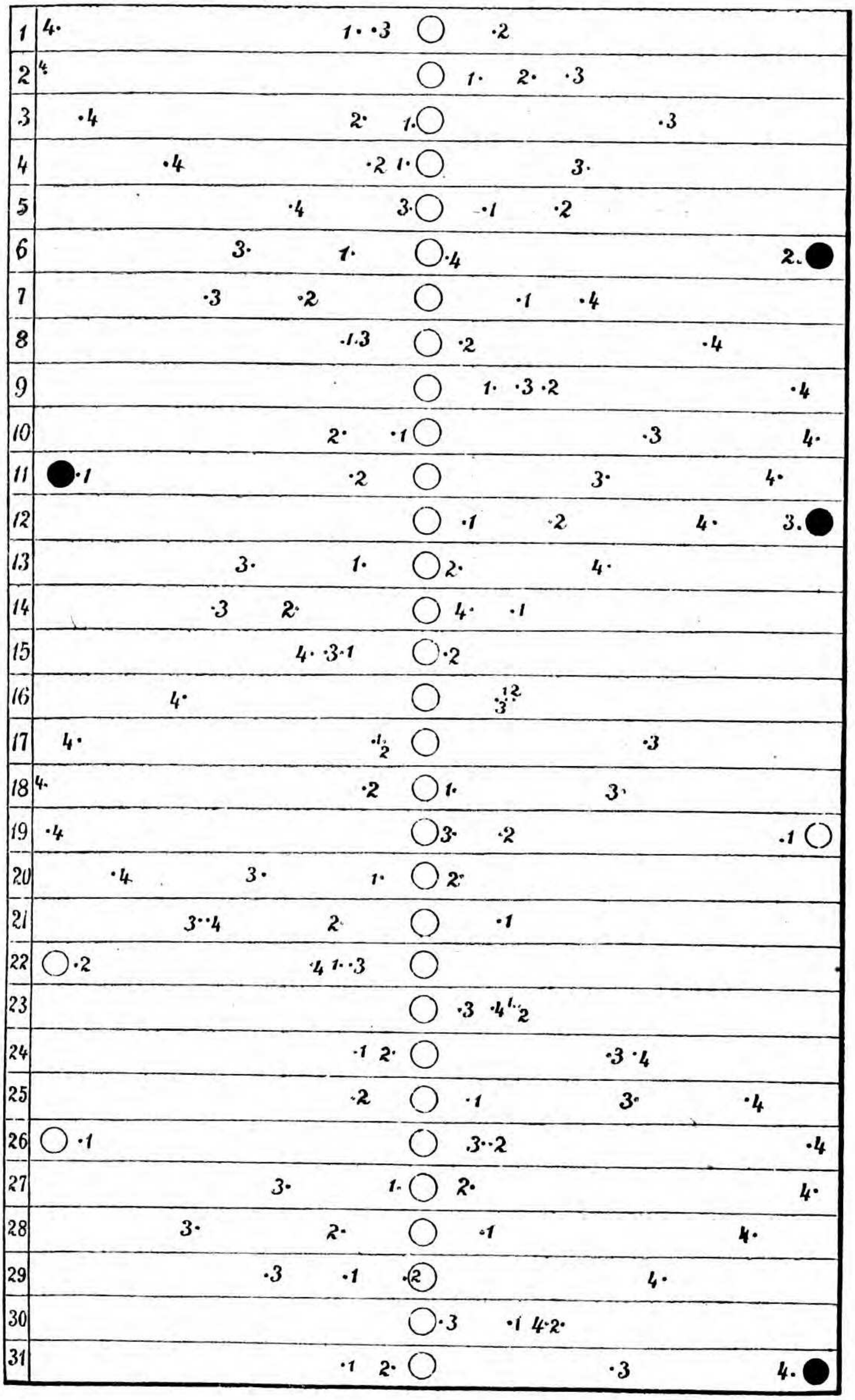
§ 267.

DE VIER WACHTERS VAN JUPITER.

Maar wanneer men Jupiter door een kijker beschouwt, worden wij door een ander schouwspel getroffen, en wel daardoor, dat wij hem steeds vergezeld zien door vier sterretjes; indien wij hem verschillende avonden achter elkander door een kijker bezien, dan bemerken wij, dat die vier sterretjes om hem heen loopen; het zijn werkelijk *manen*, evenals onze aarde er een heeft. In de sterrekunde noemt men die manen echter gewoonlijk *trawanten* of *wachters*, omdat zij, evenals bedienden

hun heer, zoo ook de planeet altijd blijven vergezellen. Onze maan is dus ook een wachter van de aarde.

Fig. 479.



In fig. 479 ziet gij bijv., hoe Jupiter zich vertoonde gedurende de geheele maand Januari van het jaar 1884, des avonds ten 9 uur, voor het midden van Java, of liever voor Soerakarta. De meeste keeren is hij vergezeld van 4 wachters, soms zijn er twee aan elke zijde, soms aan de eene zijde een en aan de andere zijde drie; menigmaal gebeurt het ook, dat alle vier de wachters aan eene zijde staan. Maar het kan ook gebeuren, dat er maar drie wachters zichtbaar zijn, dan is dit een gevolg daarvan, dat een der wachters zich, hetzij voor, hetzij achter de planeet bevindt, hetzij ook op zijde van de planeet, maar in de schaduw, die de planeet achter zich werpt. Welk van deze twee gevallen plaats heeft, is in de figuur aangeduid door de witte en zwarte kringetjes, die op zijde zijn aangebracht. De witte kringetjes beteekenen, dat er een der wachters vóór de planeet is; de zwarte, dat er een wachter achter de planeet of in hare schaduw is; de bijgevoegde cijfers duiden aan, welke wachter bedoeld wordt.

Zoo was den 6^{en} Januari ten 9 uur de tweede wachter onzichtbaar; deze was op dien dag namelijk ten 7^{u} 56^{m} verduisterd geworden, d. i. hij was westelijk van de planeet in de schaduw van de planeet gekomen. Eerst te half 12 kwam hij aan de oostzijde weer achter de planeet te voorschijn.

De 4de wachter was in de onmiddellijke nabijheid der planeet te zien; hij was te 8^{u} 56^{m} eerst te voorschijn gekomen, na zich over de schijf der planeet te hebben bewogen.

Den 11^{en} Januari te 9 uur vertoonde zich Jupiter weer met drie wachters in plaats van 4. Toen was de eerste wachter te 7^{u} 41^{m}, (tijd van Solo), aan de westzijde verduisterd geworden, en kwam te 10^{u} 12^{m} weer aan de oostzijde achter de planeet voor den dag.

Den 12^{en} was het de derde wachter, die ontbrak, hij was te 7^{u} 52^{m} aan de westzijde verduisterd en kwam weer aan de oostzijde te voorschijn, te 12^{u} 9^{m}.

Den 19^{en} missen wij den eersten wachter, doch deze was dan niet achter, maar vóór de planeet. Hij was te 6^{u} 54^{m}

aan den oostkant voor de planeet gekomen, en ging er te 9^u 14^m aan de westzijde weer af.

Den 30^{en} Januari bevond zich, een weinig vroeger op den avond, de derde wachter evenzoo voor de planeet; de intrede had plaats te 6^u 46^m, de uitgang te 8^u 21^m.

Den 31^{en} Januari eindelijk werd de vierde wachter bedekt door de planeet; hij ging te 2^u 18^m achter Jupiter, werd daarna verduisterd, en werd pas te 9^u 25^m weer zichtbaar, op eenigen afstand ten westen van de planeet.

Beschouwt gij nu de geheele figuur, oplettend, dan ziet gij duidelijk, dat die 4^e wachter in omtrent 17 dagen, de 3^e in 7 dagen, eene beweging heen en weer maakte. Die tijden zijn dan ook de tijdruimten, die zij noodig hebben om één omloop om Jupiter te volbrengen. De omloopstijden van den tweeden en den eersten wachter zijn te kort, dan dat gij ze even goed uit de figuur zoudt kunnen opmaken. Doordien nu die wachters al zoo lang zijn waargenomen, kent men die omloopstijden zeer nauwkeurig; met betrekking tot de zon zijn zij:

voor	den	eersten	wachter	1^{dag}	18^u	28^m	36^s
„	„	tweeden	„	3	13	17	54
„	„	derden	„	7	3	59	36
„	„	vierden	„	16	18	5	7.

§ 268.

LIGGING VAN DE LOOPBANEN DER WACHTERS. OVERGANGEN DER WACHTERS EN HUNNER SCHADUWEN VOORBIJ DE PLANEET.

Uit die figuur kunt gij nog andere eigenschappen afleiden betreffende den loop dier wachters. Ten eerste dat de loopbanen zoo gericht zijn dat de aarde, althans in de maand Januari 1884, waarvoor de figuur geldt, nagenoeg in hare vlakte ligt. Dit is nu niet alleen in die maand, maar het is altijd het geval.

De loopbanen van al de groote planeten liggen in vlakken, die niet veel van het vlak der ekliptika verschillen. Maar de omwentelingsassen der planeten hellen vrij ongelijk met betrekking tot die vlakten. Gij weet reeds, dat de assen van de aarde en van Mars eene helling van 60 tot 70° op de vlakte der ekliptika hebben. Iets dergelijks zullen wij omtrent Saturnus ook zien; maar de omwentelingsas van Jupiter staat nagenoeg loodrecht op zijne baan, en de wachters bewegen zich zeer nabij in het vlak zijner evennachtslijn, dat altijd nagenoeg naar de aarde toegekeerd is; daardoor komt het, dat wij althans de drie eerste wachters steeds eens in elken omloop voorbij de planeet zien gaan, en eens in elken omloop achter de planeet zien verdwijnen; het eerste verschijnsel noemt men een *overgang* of *voorbijgang* van een wachter; het laatste eene bedekking door de planeet.

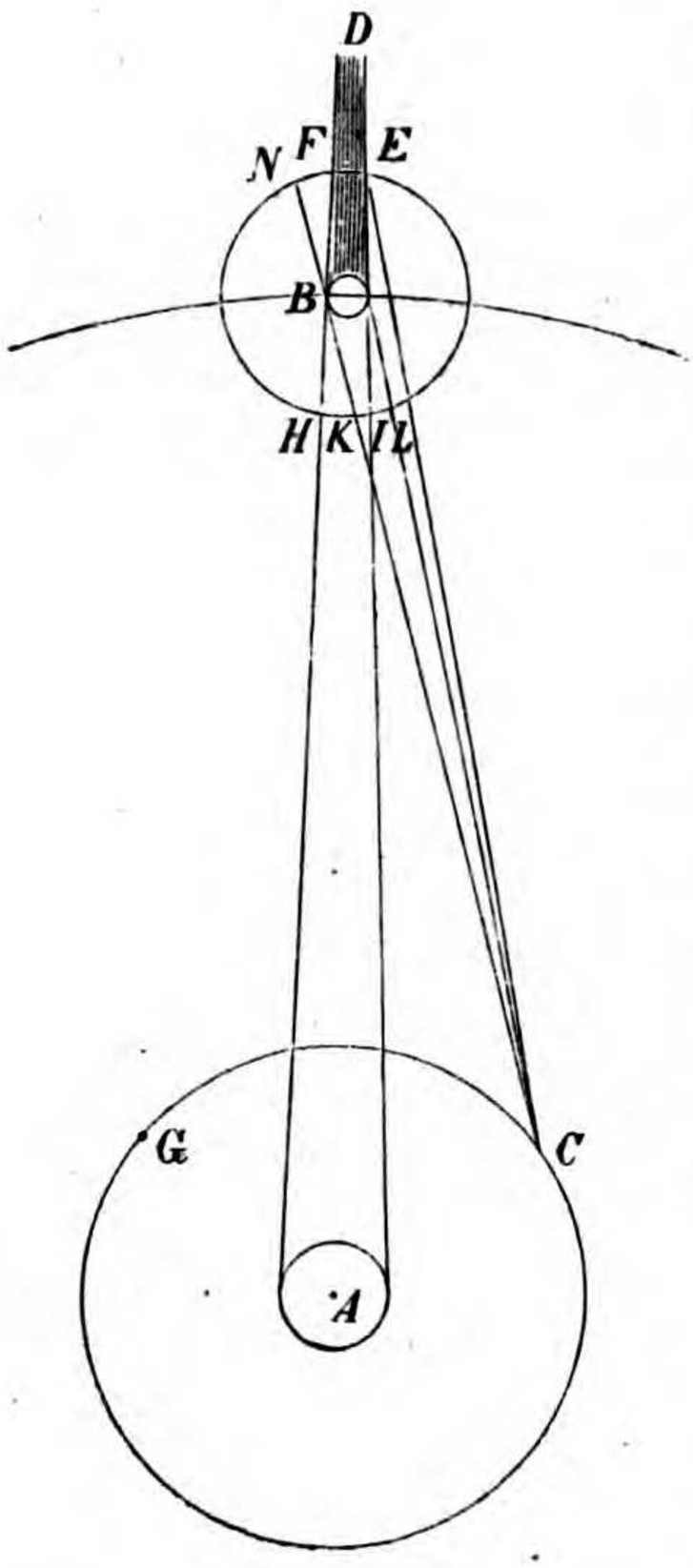
Die overgangen en bedekkingen worden vergezeld van twee andere verschijnsels, die geheel met onze zon- en maaneklipsen overeenkomen.

Evenals onze maan namelijk dan eens tusschen de aarde en de zon doorgaat, dan eens zich door de schaduw der aarde heen beweegt, evenzoo gebeurt dit, met de wachters van Jupiter.

Wat gebeurt er nu bij eenen overgang, als een wachter tusschen de zon en Jupiter komt? Zie fig. 480. Hier zij A de zon, $C\ G$ de loopbaan der aarde, B zij Jupiter. De cirkel, om Jupiter getrokken, beteekent de loopbaan van een der wachters. Gaat nu de wachter tusschen Jupiter en de zon door, dan is er een tijd, dat die wachter uit de aarde op de planeet gezien wordt. Stel dat de aarde zich in C bevindt, dat is dus een paar maanden vóór de oppositie, laat ons dan uit C aan den cirkel B, die Jupiter voorstelt, twee raaklijnen trekken, die de baan van den wachter in de punten K en L snijden, dan zal, van de aarde gezien, de wachter zich voorbij de planeet schijnen te bewegen gedurende het gansche tijdsverloop, dat hij zich tusschen K en L bevindt.

Maar trekken wij ook twee raaklijnen aan de beide cirkels

fig. 480.



A en B, die de zon en Jupiter voorstellen; deze raaklijnen snijden de loopbaan van den wachter in de punten H en I, zij loopen achter Jupiter naar elkander toe, tot zij elkander in het punt D ontmoeten. Die twee lijnen zijn nu de doorsneden van de vlakte van het papier met de kegelvlakte, die de zon en Jupiter omhult; gij herinnert u, dat wij, toen wij over de eklipsen handelden, wel van die kegelvlakte gesproken hebben. (2de stukje, § 37). Zoodra nu de wachter in dien kegel komt, dus in H, valt zijne schaduw op de planeet, en terwijl de wachter zich van H tot I beweegt, gaat die schaduw ook over de oppervlakte der planeet voort.

Gij herinnert u, dat niet bij alle zoneklipsen de schaduwkegel onzer maan de aarde bereikt. Is dit wel het geval, dan is de zoneklips, hoewel voor de meeste plaatsen gedeeltelijk, toch voor sommige plaatsen totaal; is het niet het geval, dan is de zoneklips ook wel voor de meeste plaatsen gedeeltelijk, maar voor enkele plaatsen ringvormig.

Maar Jupiter is omtrent 5 maal verder van de zon dan de aarde, de schaduwkegels der wachters zijn dus ook betrekkelijk langer dan die van onze maan, en zij bereiken de oppervlakte van de planeet altijd.

Door een sterken kijker ziet men dan ook bij die overgangen van een wachter zeer duidelijk de schaduw van den wachter als een rond zwart vlekje op de planeet. De wachter zelf is, gedurende een overgang, niet altijd zichtbaar; is hij juist

voor een donkeren band of aan den rand, die altijd iets donkerder is dan het midden, dan ziet men hem als een licht vlekje; is hij juist voor een zeer licht gedeelte dan ziet men hem als een donker vlekje; is hij eindelijk juist voor een gedeelte, dat even helder is als hij zelf, dan is hij onzichtbaar.

In de laatste figuur heeft men nu deze volgorde:

1°. Wachter in *H*. De schaduw van den wachter treedt op de planeet;

2°. Wachter in *K*. Uit de aarde gezien treedt de wachter zelf voor de planeet;

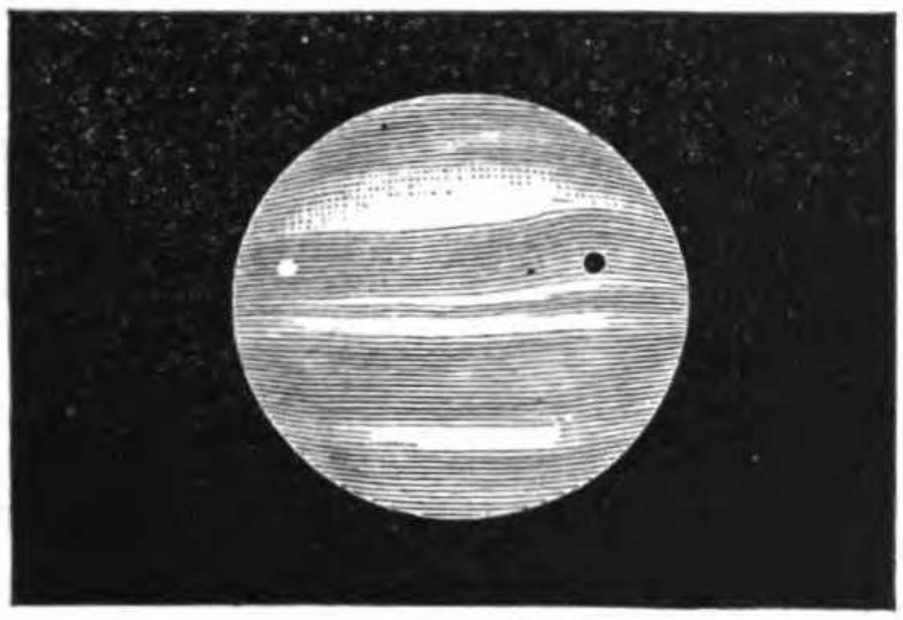
3°. Wachter in *I*. De schaduw van den wachter verlaat de planeet;

4°. Wachter in *L*. Uit de aarde gezien verlaat de wachter de planeet.

Terwijl dus de wachter zich tusschen de punten *K* en *I* bevindt, ziet men zoowel den wachter als de schaduw op de planeet.

In fig. 481 ziet gij, hoe dan de planeet zich door een kijker voordoet; het is een allermerkwaardigst gezicht, maar men moet er een sterken kijker voor bezitten; want een gewone kijker, zooals men hier dikwerf aantreft, en die gewoonlijk los uit de hand gebruikt wordt, is er niet sterk genoeg voor, dat wil zeggen: hij vergroot de voorwerpen niet genoeg.

Fig. 481.



§ 269.

MOGELIJKHEID VAN HET BESTAAN VAN BEWONERS VAN JUPITER.

ABDULLAH. Dus hebben de bewoners van Jupiter, die zich op eene plaats bevinden, waar die schaduw voorbijgaat, eene totale zoneklips.

DE HEER. Ja natuurlijk, maar het is de vraag of er op Jupiter bewoners zijn, daaromtrent is het ons onmogelijk iets met zekerheid te zeggen. Aan den eenen kant is het zeker, dat de warmte der zonnestralen op Jupiter veel zwakker is dan hier, omdat Jupiter zooveel verder van de zon af is, maar aan den anderen kant is het niet onmogelijk, dat Jupiter nog veel meer eigene warmte heeft, dan de aarde, zoodat zelfs wij menschen er zeer goed zouden kunnen wonen. Het is ook mogelijk, dat die uitgestrekte wolken, die wij in den dampkring van Jupiter meenen te aanschouwen, het warmteverlies tegenhouden en dat daardoor de zomerwarmte beter bewaard wordt; maar hoe dit nu zij, wij, die hier in Indië aan eene tamelijke warmte gewend zijn, kunnen ons moeilijk voorstellen dat er menschen leven kunnen in eene streek, waar het nog kouder is dan 0° C, de temperatuur, waarop ijs smelt. En toch is het zoo. In het noorden van Europa, Azië en Amerika wonen Laplanders, Samojeden, Ostiaken, Kamschatdalen, Irokeezen, Eskimo's, en andere stammen in een klimaat, dat een groot gedeelte van het jaar buitengewoon koud en ruw is; dan staat de thermometer er ver onder 0° C. En in Britsch Indië, in Arabië en Palestina, in Abyssinië en in andere landen is het op sommige tijden van het jaar nog aanmerkelijk warmer dan hier op Java; gij ziet dus wel dat wij, wat de warmte betreft, moeilijk kunnen zeggen, dat Jupiter onbewoonbaar voor menschen is, maar toch moeten wij onze volkomene onwetendheid bekennen, of er menschen, dieren of andere schepselen bestaan.

§ 270.

VERVOLG VAN HET ONDERWERP. EKLIPSEN EN BEDEKKINGEN VAN DE WACHTERS VAN JUPITER.

Maar laat ons nu eens vervolgen. Ik zou u nog iets mededeelen, betrekkelijk de eklipsen der wachters van Jupiter. Bezien wij dezelfde figuur nog eens, dan zien wij, dat de wachter dien wij beschouwen, bij E in den schaduwkegel van Jupiter komt, dan wordt dus die wachter totaal verduisterd, de bewoners van Jupiter, als die er zijn, zien dan eene totale maaneklips. Maar niet alleen zij, maar ook wij kunnen met behulp van een kijker het verschijnsel waarnemen. Het spreekt van zelf, dat als wij uit C dien wachter met den kijker volgen, wij moeten zien, dat hij donker wordt, als hij in dien schaduwkegel treedt, maar uit de figuur ziet gij duidelijk, dat als de aarde zich in C bevindt, het punt E, waar die intrede plaats heeft, een tamelijk eind rechts van de planeet gezien wordt; ja in deze figuur is dit zelfs met F het geval. Werkelijk gebeurt het ook vrij dikwijls bij de eklipsen van den derden en vierden, enkele malen bij die van den tweeden wachter, dat als de aarde nog ver van de oppositie af is, niet alleen het verdwijnen, maar ook het weder verschijnen van den wachter aan denzelfden kant van Jupiter gezien kan worden. De eerste wachter is daarvoor te dicht bij de planeet; staat de aarde in C, dan kan van een wachter, die dicht bij de planeet staat, wel de ingang in den schaduwkegel, dus het begin der eklips, maar niet het einde dierzelfde eklips gezien worden.

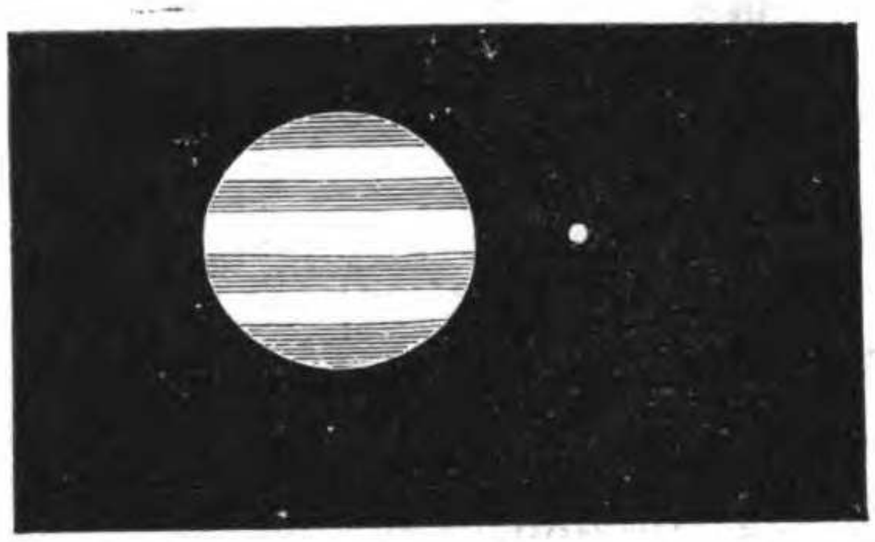
ABDULLAH. Maar mijnheer, als de aarde nu aan de andere zijde, bijv. in G staat, dan is het zeker anders.

DE HEER. Ja natuurlijk, dan ziet men van een wachter, die ver af staat, begin en einde der eklips *links* van de planeet, en van den eersten ziet men nooit, van den tweeden zeer zelden het begin, maar wel het einde der verduistering.

Ziehier eene figuur, waaruit gij kunt zien, hoe die verschijn-

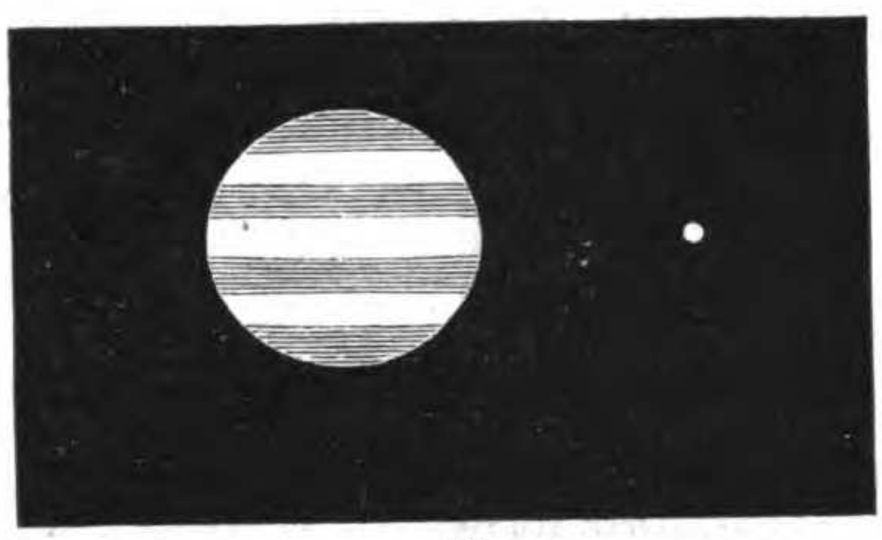
selen zich in den kijker voordoen als de aarde in C is. In fig. 482 ziet gij, op welken schijnbaren afstand van de planeet de eerste wachter zich reeds in den schaduwkegel schijnt te dompelen. Indien dit plaats heeft, dan ziet men door den kijker zijn licht allengs verminderen en na ongeveer ééne minuut is het licht geheel en al verdwenen, en ziet men den wachter niet meer.

Fig. 482.



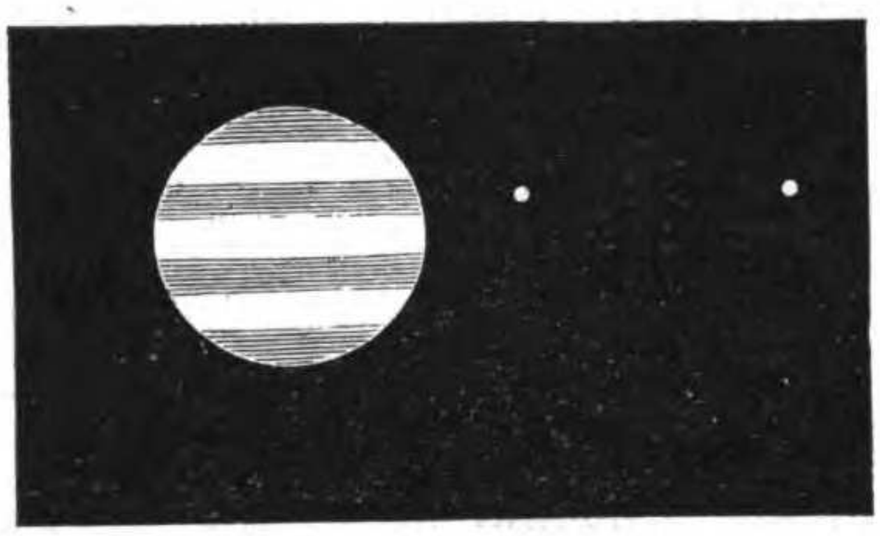
Heeft dit met den tweeden wachter plaats, dan staat hij iets verder, zie fig. 483.

Fig. 483.



Nog verder heeft de ingang van den derden wachter in den schaduwkegel plaats, zie fig. 484, waar ook de plek is aangegeven, waar de wachter het eerst gezien wordt als hij weer uit den schaduwkegel uittreedt.

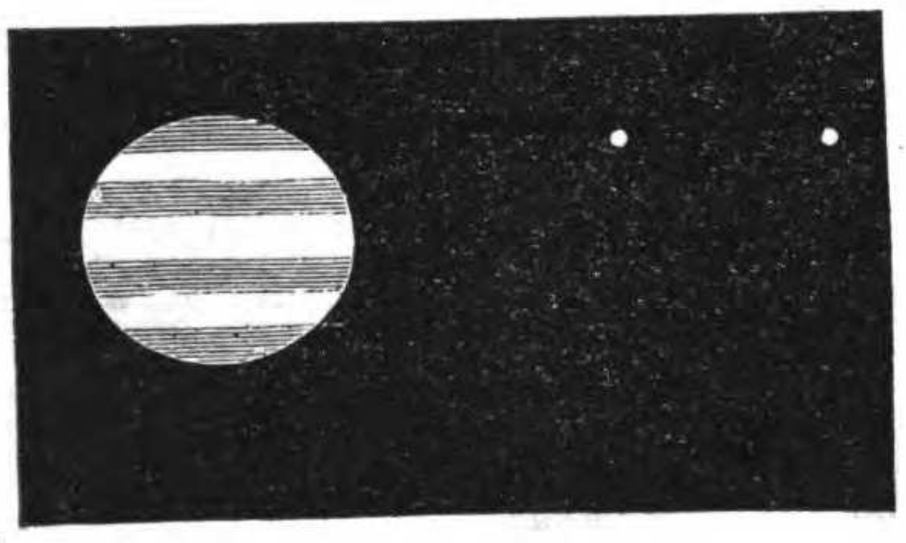
Fig. 484.



Eindelijk ziet gij in fig. 485 hetzelfde voor den vierden wachter.

Is de aarde nu in G, fig. 480, hetgeen bijna drie maanden *na* de oppositie het geval is, dan vallen die plaatsen van den wachter in plaats van aan de rechter- aan de linkerhand, maar van den eersten wachter kan men dus wel het begin der bedekking achter de planeet, maar van de verduistering alleen het

Fig. 485.



einde waarnemen; evenzoo van den tweeden wachter meestal *).

Bevindt zich de aarde dicht bij den schaduwkegel aan de zijde van C, dus kort vóór de oppositie, dan is ook bij den 3^{en} en 4^{en} wachter alleen het begin der eklips en het einde der bedekking zichtbaar, evenals bij den eersten en tweeden.

En bevindt zich de aarde dicht bij den schaduwkegel, aan de zijde van G, dus kort na de oppositie, dan is ook bij den 3^{en} en 4^{en} wachter alleen het begin der eklips zichtbaar.

Bevindt zich eindelijk de aarde juist in den schaduwkegel, dus juist als de oppositie plaats heeft, dan zijn van elken wachter wel het begin en einde der bedekking, maar niet van de eklips zichtbaar.

---

§ 271.

REDEN, WAAROM DE EKLIPSEN VAN DEN VIERDEN WACHTER NIET ALTIJD PLAATS HEBBEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hebben die eklipsen op Jupiter dan altijd plaats bij elke volle en bij elke nieuwe maan? Dan moeten er, dunkt mij, wel alle dag eklipsen zijn.

DE HEER. Ja, dat is ook zoo. De eenige uitzondering, die erop bestaat, vindt men bij den vierden wachter. Gij herinnert u nog wel, wat ik u vroeger van de eklipsen der maan verteld heb; alleen als de volle of nieuwe maan dicht bij de knoopen plaats heeft dan is er eene eklips; maar ver van de knoopen loopt de maan boven of onder den schaduwkegel door en dan is er geene eklips. De mogelijkheid, dat er geene eklips is, hangt natuurlijk bij onze maan van de helling der loopbaan op het vlak der ekliptika af; die helling zou wel zoo klein hebben kunnen zijn, dat er altijd eklipsen waren bij elke volle en bij elke nieuwe maan. Maar ook van den afstand der maan hangt het af, want bij dezelfde helling van hare

---

*) Zie het voorbericht.

loopbaan zou de maan wel zoo dicht bij de aarde kunnen zijn, dat zij telkens als zij vol was in de schaduw der aarde kwam en dus verduisterd werd.

Datzelfde valt nu bij de wachters van Jupiter ook op te merken; de loopbanen der wachters hellen alle op het vlak der loopbaan van Jupiter; doch, terwijl bij onze maan de helling der loopbaan op het vlak der ekliptika iets meer dan vijf graden bedraagt, is

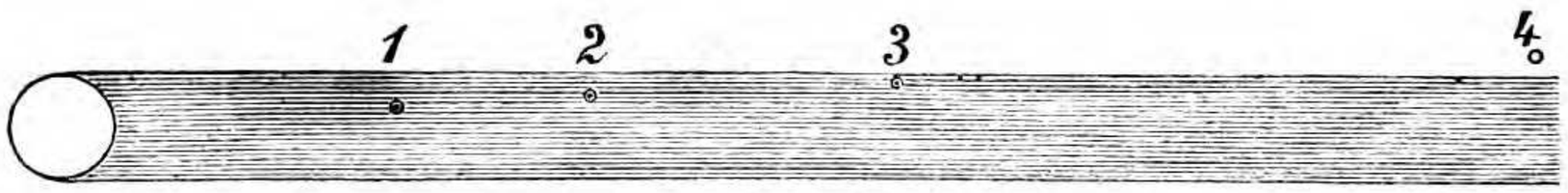
van den eersten wachter de helling der loopbaan 3°5′;
„ „ tweeden „ „ „ „ „ veranderlijk, maar gemiddeld 3°4′;
„ „ derden „ „ „ „ 3°0′;
„ „ vierden „ „ „ „ 2°41′.

De helling van de loopbaan van den vierden wachter is dus nog iets geringer, dan die der drie andere, maar de afstanden der wachters, uitgedrukt in de middellijn der planeet, van pool tot pool, zijn als volgt:

van den eersten wachter 3,1722,
„ „ tweeden „ 5,0441,
„ „ derden „ 8,0464,
„ „ vierden „ . . . . . 14,1517.

Als dus de wachters ieder in hun hoogste punt boven de loopbaan van Jupiter staan, dat wil zeggen, dat zij 90° van de knoopen hunner loopbaan af zijn, en men snijdt dan in zijne gedachte den schaduwkegel van Jupiter door, loodrecht op de vlakte zijner loopbaan, dan verkrijgt men eene figuur als fig. 486; gij

Fig. 486



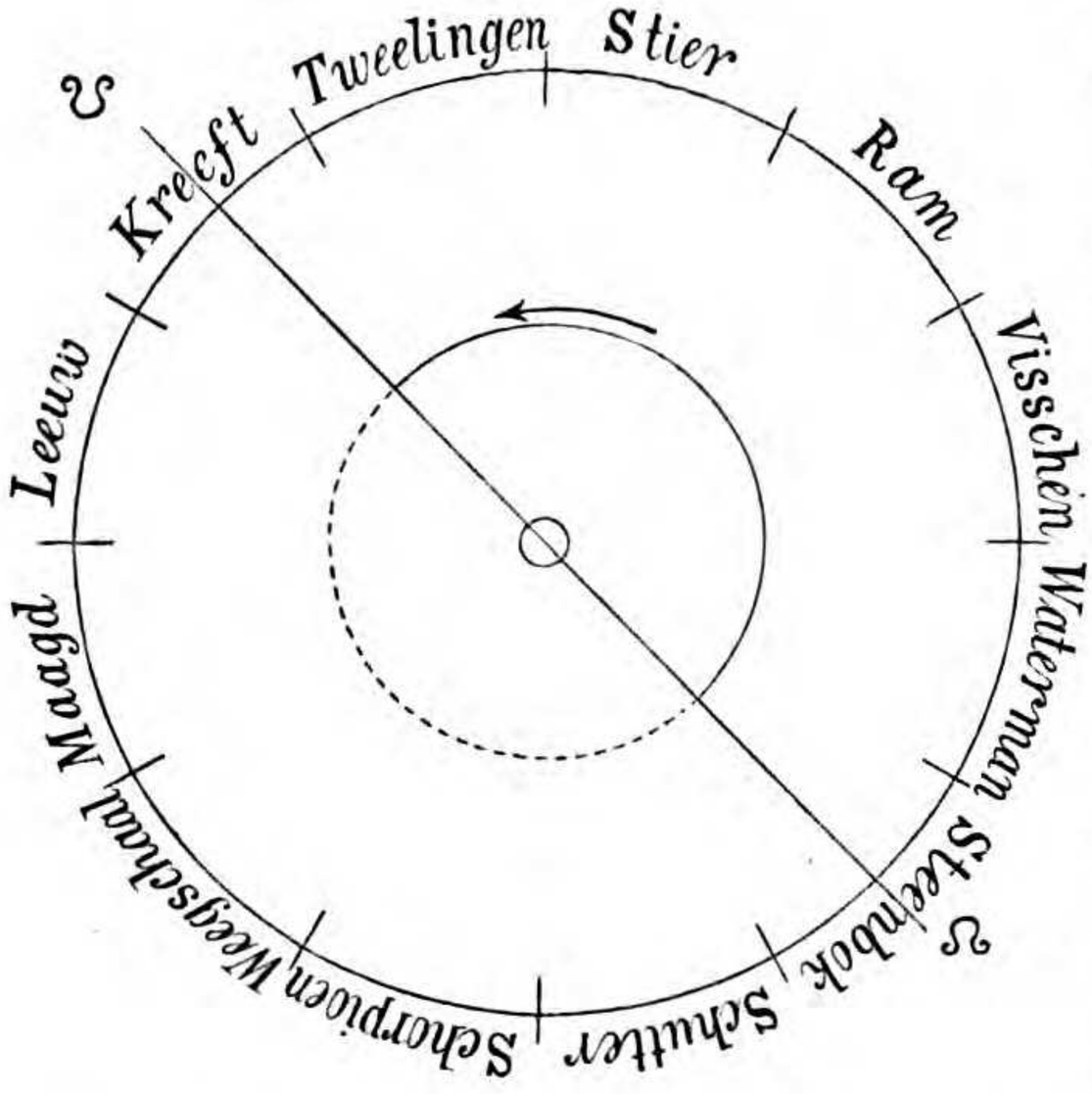
ziet dus dat, als de vierde wachter onder zulke omstandigheden, *vol* is, hij boven den schaduwkegel heen loopt, (evenals bij onze maan ook het geval is,) terwijl de drie eerste wach-

ters toch nog altijd in den schaduwkegel gedompeld worden, en dus ook altijd verduisterd worden.

ABDULLAH. Maar mijnheer, mag ik u iets vragen; als ik mij wel herinner, wat u mij daarvan verteld hebt, zijn er bij ons tweemaal in het jaar tijden dat er eklipsen zijn, ik meen één, twee of drie, en dan tusschen die beide tijden een maand of vier, dat er geene enkele eklips is. Is dat nu met dien vierden wachter ook zoo?

DE HEER. Natuurlijk, maar men moet, om een goed begrip van de zaak te hebben, goed op alle omstandigheden letten. Vooreerst moet gij wel bedenken dat het jaar van Jupiter bijna twaalf maal zoo groot is als het onze. Daarentegen is de omloopstijd onzer maan met betrekking tot de zon omtrent gelijk 29½ dag, terwijl die van den vierden wachter van Jupiter nog geen 17 dagen is. Terwijl er in één jaar, d. i. in éénen omloop van de aarde om de zon slechts 12 of hoogstens 13 volle manen kunnen zijn, zoo zijn er in één Jupiter-jaar bijna 260 volle manen van den vierden wachter. De klimmende knoop van de loopbaan van dien vierden wachter ligt, zie fig. 487, midden in het sterrebeeld de Steenbok. Negentig graden verder is dus het noordelijkste punt van die loopbaan, dit is dan midden in het sterrebeeld de Ram. Als dus Jupiter, uit de zon gezien, zich daar bevindt, dan wordt de vierde wachter niet verduisterd en ook niet voor de planeet gezien; hij loopt, tegenover de zon, dus als hij vol is, noordelijk over den schaduwkegel heen

Fig. 487.



en aan den kant der zon, dus als hij voor de Jupiterbewoners nieuw is, zuidelijk onder den schaduwkegel door. Wij, aardbewoners zien hem dus benoorden of bezuiden de planeet zelve voorbijgaan.

Maar dat is natuurlijk eenigen tijd vroeger en later ook het geval. Zoo had de laatste eklips van den vierden wachter plaats den 16^{en} Juni 1880, en de daaropvolgende den 19^{en} Maart 1883. In die tusschenruimte was de vierde maan 59 maal vol geweest. Het duurt daarna 3 jaar en 2 maanden, dus tot Mei 1886, dat diezelfde vierde wachter 69 maal achtereen steeds door den schaduwkegel treedt en dus geëklipseerd wordt als hij tegenover de zon komt, en dan komt er weder een tijdvak van 2 jaar en 9 maanden, dat de wachter steeds tegenover de zon bezuiden en aan den kant der zon benoorden Jupiter voorbijgaat.

Al deze bijzonderheden zou men door den kijker kunnen ontdekken, en zij worden alle verklaard als men slechts op de helling der loopbaan van den vierden wachter let.

---

§ 272.

MOGELIJKHEID DAT ER MEER DAN ÉÉN WACHTER ONZICHTBAAR IS.

ABDULLAH. Maar mijnheer, in die fig. 479, die u mij gegeven hebt, en waarop te zien is, hoe de wachters gedurende de maand Januari 1884 loopen, komen eenige gevallen voor, dat er één wachter vóór of achter de planeet zelf is; gebeurt het nu ook wel eens, dat er twee wachters tegelijk verduisterd worden?

DE HEER. O ja, het gebeurt vrij dikwijls dat twee wachters niet zichtbaar zijn, hetzij omdat zij beide verduisterd of bedekt zijn, hetzij omdat zij beide vóór de planeet gezien worden, hetzij omdat de één verduisterd of bedekt is, de ander vóór de planeet voorbijgaat. Minder dikwijls gebeurt

het dat drie wachters tegelijk verduisterd worden, of tegelijk vóór de planeet zijn. Maar dit kunnen nooit de drie eerste wachters zijn. Hun loop is zoodanig dat dit niet mogelijk is. Wel kunnen de eerste en derde aan de eene en de tweede aan de overzijde, of de eerste alleen aan de eene en de tweede en derde aan de overzijde staan, zie de figuren 488 en 489, maar nooit kunnen alle drie aan eene zijde staan. Is de richting waarin zij staan, dus naar de aarde gericht, dan zien wij een of twee wachters op de planeet, en twee of een wachter zien wij niet, omdat zij achter de planeet zijn. De vierde wachter nu is van dezen regel onafhankelijk. Staat dus de vierde wachter op dezelfde rij als de drie andere, dan kan het zijn aan de eene of andere zijde, en dus heeft men deze vier gevallen:

Fig. 488.

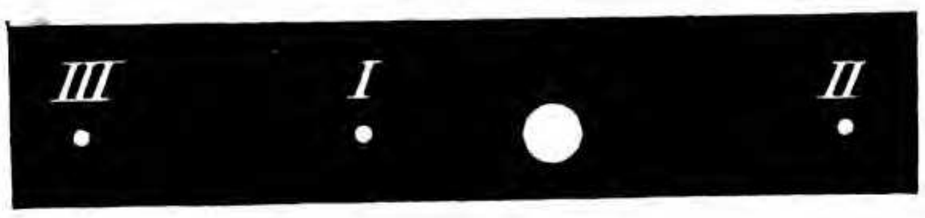


Fig. 489.



IV, III, I, Jupiter, II;
III, I, Jupiter, II, IV;
IV, III, II, Jupiter, I;
III, II, Jupiter, I, IV;

Maar gij kunt wel begrijpen dat het uiterst zelden voorkomt dat die vier wachters juist zoo op eene rechte lijn staan.

Het is dan ook niet noodig, dat het geheel precies het geval is; daar de planeet eene zekere breedte heeft, kan het soms gebeuren dat uit de aarde gezien alle vier de wachters onzichtbaar zijn, hetzij dat zij zich vóór, hetzij achter de planeet bevinden, of wel in de schaduw der planeet, d. i. geëklipseerd, zonder dat zij nu precies op ééne rechte lijn geplaatst zijn.

Beziet men toevallig op zoo een oogenblik Jupiter, dan zou men meenen dat hij, evenals Venus en Mercurius geene wachters had.

Toch is het nog maar vijfmaal gebeurd, dat Jupiter, zoo-

als men dat noemt, zonder wachters gezien is, en merkwaardig genoeg had telkens het eerste der vier genoemde gevallen plaats, dat namelijk de tweede wachter aan de ééne zijde, en I, III en IV aan de andere zijde stonden,

Den 12^{en} Nov. 1681 was II vóór de planeet en de drie andere wachters er achter.

Den 22^{en} Mei 1802, den 15^{en} April 1826, den 27^{en} September 1843 en den 21^{en} Augustus 1867 is het gebeurd, dat de tweede wachter achter de planeet en de drie andere er vóór waren, dus op de schijf der planeet en derhalve door een gewonen kijker onzichtbaar.

---

§ 273.

DE SNELHEID VAN HET LICHT DOOR DE EKLIPSEN DER WACHTERS VAN JUPITER GEVONDEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, het is toch mooi, dat men het hier van te voren weten kan, of er op Jupiter eene eklips of een overgang van zoo een wachter is.

DE HEER. Ja zeker; het bestaan van de wachters van Jupiter was een van de eerste vruchten, die de uitvinding der verrekijkers in het jaar 1608 opleverde. Gij herinnert u wel, dat ik u vroeger al eens gezegd heb, dat de beroemde Galilei een van de eersten was, die zulk een kijker aanwendde om iets naders van de hemellichamen te vernemen (4^{e} stukje § 199). Hij is ook een der eersten geweest, die de wachters van Jupiter ontdekte. Dit was betrekkelijk eene zeer eenvoudige ontdekking, want die wachters van Jupiter zijn al in een zwakken kijker goed zichtbaar. Maar die ontdekking is altijd beschouwd als een der belangrijkste in de sterrekunde, want Jupiter met zijne wachters is, om zoo te spreken, eene afbeelding in het klein van ons zonnestelsel, en vooral in den tijd van Galilei, toen de zwaartekracht nog niet bekend was, was het wel merkwaardig, een voorbeeld te zien, dat in zulk een stelsel van hemellichamen wel degelijk het grootste en zwaarste het

midden inneemt, en de kleinere er dus om heen loopen. Galilei begreep dan ook zeer goed, hoe belangrijk die ontdekking was; hij bezag Jupiter en zijne wachters met zijn kijker bijna van dag tot dag, en het duurde niet lang, of hij wist tamelijk goed hoeveel dagen, uren, minuten en sekonden elke wachter noodig had, om rondom Jupiter heen te loopen.

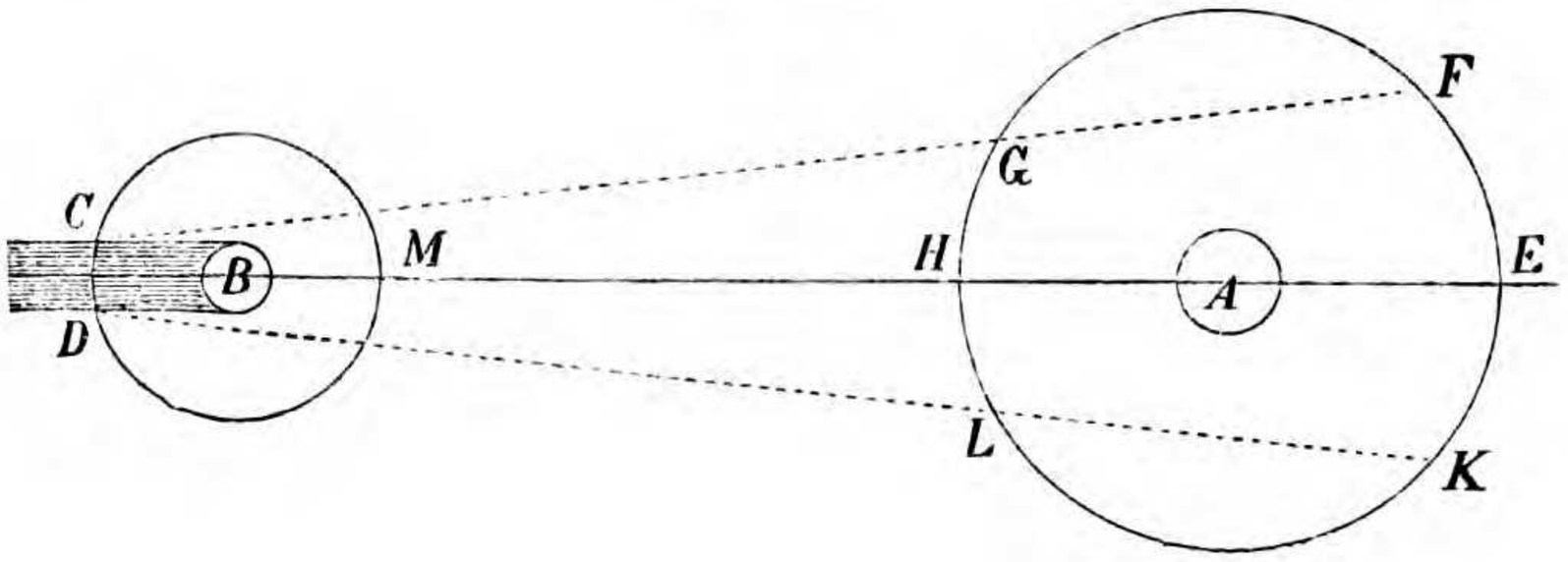
Ook na Galilei hebben de sterrekundigen er altijd veel werk van gemaakt om die wachters waar te nemen, en het oogenblik aan te teekenen, wanneer de overgangen en bedekkingen, maar voornamelijk de eklipsen beginnen en eindigen. Bovendien hebben zij met zorg gemeten hoe ver elk der wachters zich wel van de planeet verwijdert.

Het doel hiervan is altijd geweest de wijze van beweging van die wachters te bestudeeren, dat wil zeggen: er uit op te maken, in welke vlakte hunne loopbanen liggen, of zij cirkelvormig zijn en wat dan de straal van den cirkel is; dan wel of zij van den cirkelvorm afwijken en hoe groot dan wel de groote as en de uitmiddelpuntigheid der loopbaan is; hoe groot hun omloopstijd is om Jupiter, met betrekking, (uit Jupiter gezien,) tot de sterren, en hoe groot die omloopstijd in de verschillende deelen van de loopbaan van Jupiter is, met betrekking tot de zon; als de sterrekundigen dat nu van al de wachters van Jupiter nauwkeurig hebben afgeleid, dan moeten zij ook voor een geruimen tijd vooruit kunnen opgeven, wanneer van elken wachter eene eklips, eene bedekking of een overgang te wachten is. Maar als de sterrekundigen zich nu gereed maakten om eene eklips waar te nemen, dan deed zich een vreemd verschijnsel voor, dat zij in het begin niet konden verklaren, maar dat aan een Deensch sterrekundige, met name Römer, die te Parijs woonde, aanleiding gaf tot eene belangrijke ontdekking.

Laat namelijk, in fig. 490, *A* de zon voorstellen, de cirkel *E F G H L K* de loopbaan der aarde, *B* de planeet Jupiter, en de cirkel *C D M* de loopbaan van den eersten wachter. Jupiter werpt achter zich de schaduw, die in de figuur getee

kend is; treedt nu de wachter in *C* in dien schaduwkegel,

Fig. 490.



dan is er het begin eener eklips, d. i. de wachter, die zichtbaar was, wordt onzichtbaar; treedt hij daarentegen in *D*, uit die schaduw, dan is er het einde eener eklips, dat is, de wachter, die onzichtbaar was, wordt weer zichtbaar. Als nu de aarde in *E* staat, dan vertoont Jupiter zich in dezelfde richting als de zon; (men noemt dit, zooals gij weet, de *conjunctie*), hij is dan niet te zien, maar weldra, als na een paar maanden de aarde in *F* gekomen is, dan komt Jupiter des morgens vóór de zon op, en is zeer goed waar te nemen. Komt de aarde in *H*, dan staat Jupiter voor den aardbewoner juist tegenover de zon, (gij herinnert u, dat men dit de *oppositie* noemt); en nog later zet de aarde haar baan voort naar *L* en *K*. Dan gaat Jupiter des avonds na de zon onder; is de aarde eindelijk weer in *E* teruggekomen, dan is Jupiter weder in conjunctie. Bij deze beschouwing hebben wij Jupiter als stilstaande aangenomen, maar gij zult zeer goed begrijpen dat wij dit hier even goed kunnen doen, als wij het vroeger bij Venus gedaan hebben. Alleen moeten wij in acht nemen, dat de tijd die de aarde noodig heeft om van eene conjunctie tot eene volgende te komen niet is 365,26 dagen maar nagenoeg 399 dagen.

Nu zijn in het geheele tijdvak van het oogenblik dat de aarde in *E* is, totdat zij in *H* komt, van den eersten wachter alleen de intreden, en in het tijdvak van het oogenblik dat de aarde in *H* is, totdat zij weder in *E* is, alleen de uittreden

uit de schaduw zichtbaar, zooals de figuur u ook doet zien; die intreden namelijk, waarbij de eklipsen natuurlijk beginnen, hebben plaats in *C*; de uittreden of de tijden van einde der eklips in *D*.

Nu redeneerde Römer, in 1675, aldus: reeds langen tijd zijn de geleerden het niet eens of het licht plotseling van het eene punt tot het andere, bijv. van de zon tot de aarde komen kan, zonder dat het daartoe den minsten tijd noodig heeft, dan wel of het daartoe wel tijd behoeft; in het laatste geval is de vraag, hoe groot is dan de snelheid van het licht; hoeveel tijd heeft het bijv. noodig om van de zon tot de aarde te komen?

Om dit te onderzoeken, bieden de wachters van Jupiters de schoonste gelegenheid aan; en wel door de waarneming hunner eklipsen, voornamelijk van de eklipsen van den eersten wachter, die zich zeer nauwkeurig laten waarnemen, doordien die wachter zich zoo schielijk beweegt.

Want indien de aarde zich van *F* naar *G* beweegt, gaat zij Jupiter te gemoet. De afstand van *G* tot *C*, waar de intrede plaats heeft, is aanzienlijk kleiner, dan de afstand van *F* tot *C*. Stel dus nu eens dat er eene intrede zichtbaar is, terwijl de aarde in *F* is, en 88½ dag later, als de aarde in *G* is, is er weder zulk eene intrede zichtbaar, dan zal, in dat tijdsverloop die eerste wachter 50 omloopen volbracht hebben; maar als het licht tijd noodig heeft om zich voort te planten, zullen wij in *G* die eklips vroeger zien dan indien wij in *F* gebleven waren, en wel zooveel vroeger als het licht noodig heeft om den afstand *F G* te doorloopen.

Bevinden wij ons daarentegen na de oppositie in *L*, en beweegt de aarde zich van *L* tot *K*, dus van Jupiter af, dan zal, indien het licht voor zijne beweging tijd noodig heeft, de aardbewoner in *K* eene eklips zooveel later zien, dan wanneer hij in *L* gebleven was, als het licht tijd noodig heeft om de lijn *K L* te doorloopen.

Werkelijk werd deze gevolgtrekking door de ondervinding

bewaarheid. De tijdruimte begrepen tusschen twee eklipsen van den eersten wachter, die 50 omloopen van den wachter verschillen, is gemiddeld 88 dagen, 11 uren en 50 minuten; maar in het tijdvak dat de aarde van F tot G gaat, duurt het altijd omtrent 10 minuten korter, daarentegen in het tijdvak dat de aarde van L naar K gaat, omtrent 10 minuten langer.

Het gelukte Römer nog niet, om uit de waargenomene eklipsen precies af te leiden, hoeveel tijd het licht besteedt om een weg af te leggen, gelijk aan den afstand van de zon tot de aarde, althans zijne uitkomst was nog wat te groot. Eerst in het begin der 19e eeuw heeft Delambre, een voornaam Fransch sterrekundige alles wat die wachters van Jupiter aangaat, nauwgezet bestudeerd, en gevonden dat die tijd ongeveer 8¼ minuut bedraagt.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is toch verschrikkelijk snel, u hebt mij immers gezegd, dat de afstand van de zon tot de aarde 20,000,000 Duitsche mijlen was.

DE HEER. Ja zeker, dat is zoo, en toch wordt die groote afstand in dien korten tijd doorloopen. Gij kunt eens nagaan hoe groot de snelheid van het licht is, als gij u herinnert (3de stukje, § 106) dat een sneltrein 238 jaren noodig zou hebben, om denzelfden afstand af te leggen.

Zelfs het geluid, dat zich 16 maal sneller voortbeweegt, dan die sneltrein, zou dus nog altijd 15 jaar noodig hebben, om van de zon tot ons te komen.

En gaan wij nu eens na, hoeveel tijd het licht noodig heeft, om afstanden hier op de aarde te doorloopen, dan ziet men, dat die tijd in alle gevallen onmerkbaar is. Van den Lawoe is de Slamat zichtbaar, een afstand van 220,000 meters; welnu, om dien afstand af te leggen heeft het licht nog geen duizendste deel eener sekonde noodig.

En indien wij in plaats van eenen afstand op de aarde den afstand tot het naaste hemellichaam kiezen, namelijk de maan, dan verkrijgen wij ook eene verrassende uitkomst. De maan

heeft van de aarde een middelbaren afstand van omtrent 51,800 Duitsche mijlen, (3de stukje, § 104), die door het licht in slechts 1¼ sekonde worden afgelegd.

---

§ 274.

WAT LICHT EIGENLIJK IS. HET BESTAAT UIT TRILLINGEN IN DEN ETHER. BESCHOUWINGSWIJZE VAN HUIJGENS.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe is het mogelijk, dat het licht zich met die snelheid beweegt? Want dat is toch nog veel sneller dan de beweging van de aarde om de zon, waarvan u mij wel verteld hebt.

DE HEER. Ja natuurlijk; de vraag, die gij daar doet, hebben de geleerden zich ook dikwijls gedaan. En eene andere vraag stond daarmede in nauw verband, namelijk: wat is het licht toch? Als het licht in omtrent 8¼ minuut van de zon tot ons komt, wat gebeurt er dan eigenlijk? Komen er dan kleine lichaampjes, kleine stofdeeltjes *) tot ons, die van de zon worden uitgezonden? Zoo ja, is het dan mogelijk die stofdeeltjes of kleine lichaampjes op te vangen en te bewaren?

Werkelijk hebben de geleerden zelve dit vroeger gedacht, maar op de laatste vraag: kunnen wij die lichtdeeltjes dan afzonderen? bleven zij het antwoord schuldig. Tegenwoordig zijn de geleerden ook allen overtuigd dat die wijze van beschouwen niet goed is. Het licht bestaat niet uit deeltjes, die van een lichtend voorwerp worden uitgestooten. De eerste, die dit in het rechte licht stelde, was de Hollandsche geleerde Christiaan Huygens, van wien ik u vroeger wel eens verteld heb, dezelfde, die bedacht heeft de pendules van slingers en de horloges van spiraalveeren te voorzien om hun gang regel-

---

*) Stofdeeltjes, — stof — *matière*, niet *poussière*.

matig te maken. Huygens vergeleek het licht bij het geluid. Wat is het geluid? Wij weten allen, dat het geluid tijd noodig heeft om uit de verte tot ons te komen. Als op een afstand van u af, van ongeveer 1000 meters, een kanon wordt afgeschoten, dan duurt het, nadat gij het vuur gezien hebt, nog nagenoeg drie sekonden, eer gij den slag hoort. Hieruit weten wij dus, dat het geluid ongeveer 333 meters in de sekonde aflegt. Maar bestaat het geluid nu uit kleine lichaampjes of deeltjes, die uit dat kanon naar ons toe komen? Iedereen weet van neen! Het is reeds lang uitgemaakt, dat het geluid bestaat uit trillingen in de lucht, die tot in ons oor komen, dat zoo is ingericht, dat het ons die trillingen doet gewaar worden.

Dat het geluid uit trillingen bestaat, blijkt ook wel daaruit, dat de gongs van een gamelang, de snaren van eene viool of van een rebab geluid veroorzaken als zij worden bespeeld; die doen niet anders dan door hunne veerkracht heen en weder schommelen of trillen en zij brengen de luchtdeeltjes, die hen omringen evenzoo aan het heen en weder schommelen.

Huygens nu begreep dat ook het licht onmogelijk uit lichaampjes of stofdeeltjes kan bestaan, die met zulk eene groote snelheid door de hoornhuid en verdere deelen van ons oog tot op het netvlies komen. Hij achtte het veel waarschijnlijker dat ook het licht uit trillingen bestaat, die voortgeplant worden, evenals de trillingen van het geluid.

De zwarigheid bestond nu maar in de beantwoording der vraag: welke is dan die stof, wier deeltjes trillen als het licht een lichtstraal vormt? Hiervoor moest Huygens wel zijne toevlucht tot eene onderstelling nemen. Want het licht komt van de zon, ja van de vaste sterren tot de aarde, en hij was dus genoodzaakt aan te nemen, dat de geheele oneindige ruimte vervuld is met een uiterst licht gas, of, zooals men gewoonlijk zegt, met eene uiterst lichte gasvormige vloeistof, die de lichttrillingen van de zon of van de vaste sterren tot ons overbrengt. Die vloeistof, die hij den *ether* noemde, ver-

vult niet alleen die onbegrensde ruimte, maar ook evenzoo onzen geheelen dampkring en men is wel gedwongen aan te nemen, dat zij ook althans de doorschijnende lichamen en vloeistoffen vervult.

Wellicht begrijpt gij niet goed hoe dit mogelijk is. Daartoe moet gij eerst weten, dat de natuurkundigen wel hebben moeten aannemen, dat alle lichamen uit uiterst kleine deeltjes bestaan, die elkander niet geheel aanraken; men noemt ze *atomen*; daardoor is het hun eerst mogelijk geweest te verklaren, waarom de lichamen door de warmte uitzetten; hoe het mogelijk is dat een lichaam door kracht wordt samengeperst, zooals bijv. gebeurt, wanneer van een plaatje zilver of koper een geldstuk geslagen wordt, of wanneer men met kracht een spijker in een stuk hout slaat. Tusschen die kleine deeltjes of atomen nu, van het lichaam in, vooronderstelt men dat ook de etherdeeltjes zich bevinden, die dan door het licht in trilling gebracht worden, en die trillingen nu planten zich met eene ontzaggelijke snelheid voort, evenals eene golf in het water. Nu heb ik u al eens vroeger er opmerkzaam op gemaakt, (3e stukje, § 134), dat als gij door het werpen van een steentje in eene rivier of stilstaand water golven verwekt, die uit de plaats, waar het steentje in het water gevallen is, voortloopen, dat dan het water zelf zich niet zoo snel beweegt, maar dat de waterdeeltjes zich slechts op en neer bewegen, zonder zich verder van het middelpunt te verwijderen. Zoo is het nu met het licht ook. De hooge temperatuur, waarop de zon zich bevindt, doet de deeltjes, waaruit de zon bestaat, in sterke trilling verkeeren; daardoor worden zij lichtgevend en nu deelen zij die trillingen mede aan den ether in hunne nabijheid. De ethertrillingen verspreiden zich nu met spoed naar alle kanten, maar elk etherdeeltje slingert waarschijnlijk slechts een uiterst gering lijntje heen en weer, zoo gering, dat het met onze beste vergrootglazen niet te zien zou zijn.

§ 275.

BEWIJSGRONDEN HIERVOOR AAN TE BRENGEN.
1°. DE STRAALBREKING.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is alles heel mooi; maar hoe komt nu iemand op het denkbeeld, om te zeggen: licht zijn golven of trillingen? En kan men nu ook iets verzinnen om het te bewijzen? Want ik kan dat toch nog maar moeilijk bevatten.

DE HEER. Wel zeker. In de eerste plaats moet ik u herinneren, dat, als men niet genegen is aan te nemen dat het licht golvingen zijn, men dan wel moet vooronderstellen dat het lichaampjes of stofdeeltjes zijn, die van een lichtend voorwerp uitgestooten worden; dit was ook de onderstelling zelfs van Newton, maar zij heeft veel bezwaren tegen zich. Niemand heeft ooit die lichtdeeltjes kunnen afzonderen, zoodat hij ze heeft kunnen zien en aan anderen vertoonen. En al wilde men nu eens aannemen, dat die lichtdeeltjes uiterst fijn en licht*) waren, dan zou het toch vreemd zijn, dat ons oog door zooveel van die lichtdeeltjes te gelijkertijd doorboord zou kunnen worden.

Wel is waar kunnen tegen de onderstelling van Huygens dergelijke tegenwerpingen gemaakt worden, als tegen de beschouwingswijze van Newton; men kan zeggen, niemand heeft dien ether nog afgezonderd, zoodat hij ze aan anderen vertoond heeft. Maar er is eene andere reden, waarom de tegenwoordige geleerden aan de beschouwingswijze van Huygens de voorkeur geven boven die van Newton. Er zijn een aantal verschijnselen gevonden, die met het licht in verband staan en die wel gemakkelijk te verklaren zijn als men aanneemt dat het licht uit golven bestaat, maar niet of zeer gedwongen,

---

*) Fransch: léger; Maleisch: enteng.

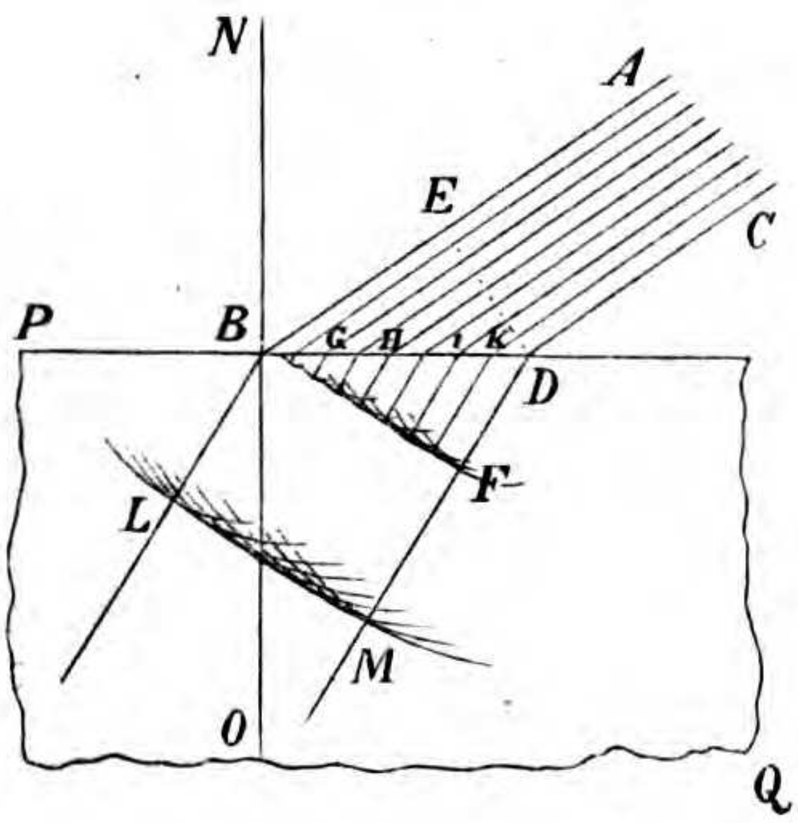
als men beweert dat het uit lichtdeeltjes bestaat, die zich met die groote snelheid, die ik u genoemd heb, voortbewegen.

Ik zal u daarvan eens eenige voorbeelden opnoemen.

1°. De straalbreking, waarover wij reeds vroeger gesproken hebben; 3e stukje, § 163. Ik heb u toen wel met dat verschijnsel bekend gemaakt, maar ik heb het u toen niet verklaard.

Zie eens hier, hoe de buiging verklaard wordt, in de onderstelling dat het licht uit trillingen bestaat. Stel eens, fig. 491, dat er een lichtstraal *A E D C*, die eene zekere, hoewel toch zeer geringe dikte, *E D* heeft, in eene schuine richting valt op een lichaam *P Q*, dat uit eene of andere doorschijnende zelfstandigheid bestaat, bijv. water, glas, spiritus, enz.

Fig. 491.



De ether-deeltjes, die in een vlak *E D* liggen loodrecht op dien straal, worden in de beschouwingswijze van Huygens ondersteld te zijn evenver en aan denzelfden kant van hunnen toestand van rust of evenwicht. Juist die vereeniging van zulke deeltjes, die, om zoo te spreken, op hetzelfde punt van hunne schommeling staan, maakt uit, wat men eene golf noemt.

Als nu de golf de oppervlakte in het punt *D* bereikt, heeft diezelfde golf in de lijn *A B* nog den weg *E B* te doorloopen, alvorens de oppervlakte van het lichaam *P Q* te bereiken en al de etherdeeltjes tusschen *D* en *E* hebben nog wegen te doorloopen, die geleidelijk, van *D* af gerekend, grooter worden, naarmate men tot *E* nadert.

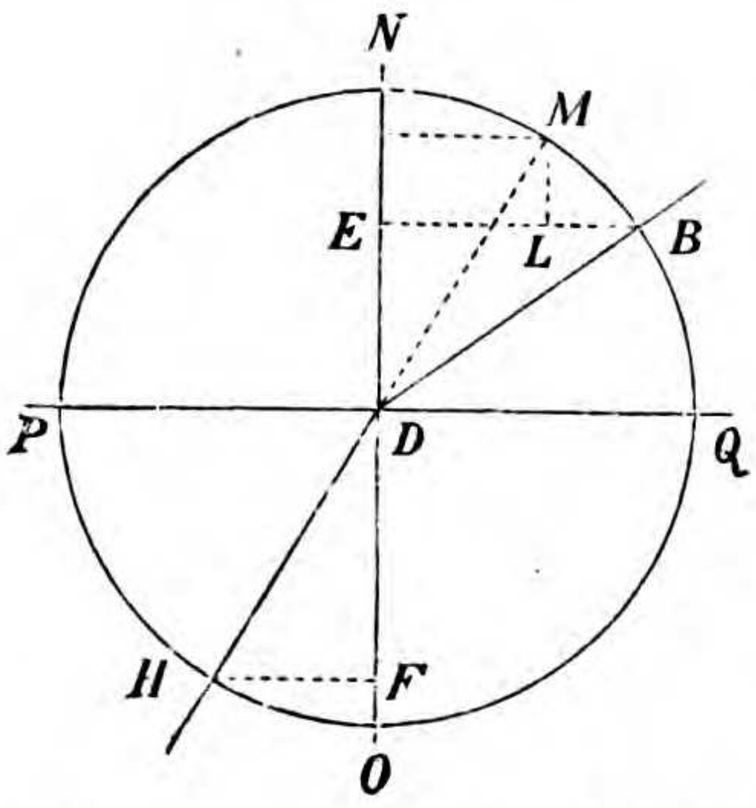
Indien nu de snelheid der golf in het ingetreden lichaam kleiner is dan die in de lucht, zoodat bijv. *D F* in het lichaam in denzelfden tijd doorloopen wordt als *B E* buiten het lichaam, dan zullen de golven in het lichaam, die alle hun oorsprong nemen in de punten *G*, *H*, *I*, *K*, op de oppervlakte tusschen

D en B alle juist door de lijn of liever het vlak BF aangeraakt worden. De etherdeeltjes, daar aanwezig, zullen alle in hunne schommeling tegelijk op denzelfden afstand van hunnen toestand van rust zijn, en de golf plant zich nu loodrecht op de lijn BF, dus in de richting BL en FM voort.

Niet alleen, dat op die wijze de oorzaak der straalbreking verklaard wordt, maar ook de wet der straalbreking komt van zelf te voorschijn.

Want zij NO, fig. 492, de loodlijn op het vlak PQ, dat de lucht van het doorschijnende lichaam afscheidt (evenals PBD in fig. 491), dan is NDB de hoek, dien de invallende lichtstraal met die loodlijn maakt. Men noemt dien hoek den *hoek van inval.*

Fig. 492.



Evenzoo is HDO de hoek, dien de gebrokene straal met de loodlijn maakt. Men noemt dien hoek den *hoek van breking.*

Nu is, zie fig. 491, in driehoek $B\ D\ E$, die rechthoekig is in E, de hoek $B\ D\ E$ gelijk aan hoek $N\ B\ A$, dus gelijk aan den hoek van inval, want beide maken, te zamen met hoek $E\ B\ D$, een rechten hoek.

Evenzoo is in dezelfde figuur, in driehoek $B\ D\ F$, (die rechthoekig is in F,) de hoek $D\ B\ F$ gelijk aan den hoek $O\ B\ L$, dus gelijk aan den hoek van breking, want beide maken met den hoek $O\ B\ F$ een rechten hoek.

Zie nu eens fig. 492. Hier heb ik, met $D\ B$ uit fig. 491 als straal, een cirkel getrokken, en daarin twee middellijnen $P\ Q$ en $N\ O$ getrokken, die loodrecht op elkaar staan. Ik maak hoek $N\ D\ B$ gelijk aan den hoek van inval, en den hoek $H\ D\ O$ aan den hoek van breking. Ik trek uit B en H de loodlijnen $B\ E$ en $H\ F$, dan zult gij dadelijk zien, dat de loodlijn $B\ E$ gelijk is aan de lijn $B\ E$ in de vorige figuur,

en de loodlijn $H\ F$ gelijk aan de lijn $D\ F$ in de vorige figuur. Nu heeft in fig. 491 het licht den weg $B\ E$ in de lucht in denzelfden tijd afgelegd, als den weg $D\ F$ in het lichaam; die lijnen staan dus tot elkander als de snelheden van het licht in de lucht en in het doorschijnende lichaam. Deze verhouding is voor licht van dezelfde kleur standvastig; is die nu bekend, dan blijkt dus: dat in fig. 492 de loodlijn $B\ E$ en de loodlijn $F\ H$ in eene bepaalde verhouding tot elkander staan en wel als de snelheden van het licht in de lucht en in het doorschijnende lichaam. Dit is ook door natuurkundige proeven bevestigd, waardoor dus bewezen wordt dat de redeneering, die wij gevolgd hebben, juist geweest is.

Wij weten bijv., dat de snelheid van het licht in het glas nagenoeg $^2/_3$ is van de snelheid van het licht in de lucht. Stelt nu $B\ D$ den invallenden straal op een stuk glas voor, waarvan $P\ Q$ de oppervlakte is, dan trekke men uit B op de loodlijn $N\ O$ de loodlijn $B\ E$; deze verdeelt men zoodanig dat $E\ L = \frac{2}{3}\ E\ B$. Men trekke $L\ M$ evenwijdig aan $N\ O$, totdat deze lijn den cirkelomtrek in M snijdt. Men trekke eene lijn van M naar het middelpunt D, en trekke die lijn door tot in H, dan is $D\ H$ de gebroken straal.

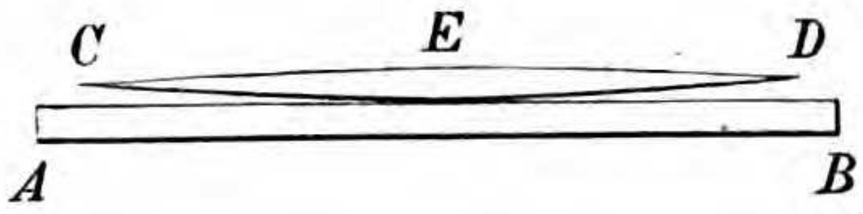
---

§ 276.

2°. DE ZOOGENAAMDE NEWTONIAANSCHE RINGEN.

2°. Eene allermerkwaardigste proef zal ik u nu ook eens laten zien. Wij zullen eens in de vensterbank leggen een stuk glas $A\ B$ (fig. 493) dat goed schoon afgeveegd is; daarop leg ik een brilleglas $C\ D$; hoe zwakker de bril is hoe beter, maar het moet een bril voor een verziende zijn, dus een vergrootglas; (en niet een bril voor een bijziende). Die bril zal het glas aanraken in één punt E.

Fig. 493



Zie nu eens in de schuinte op dat brilleglas, zoodat gij het licht, dat van buiten erop valt, teruggekaatst ziet, en zeg mij nu eens, wat ziet gij dan?

ABDULLAH. Wel dat is merkwaardig. Ik zie een rond zwart vlekje in het midden, fig. 494, daarom heen een witten ring,

Fig. 494.



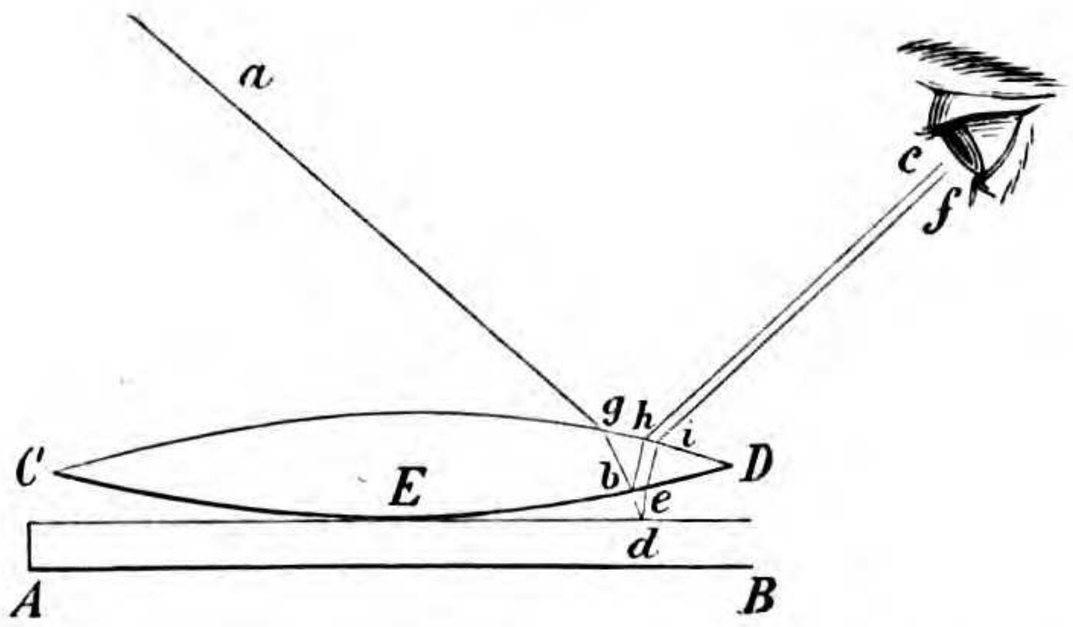
daarom heen een zwarten ring, daarom heen weer een donkeren ring, maar die niet zoo donker is als die zwarte, en nu verder afwisselend nog drie of vier lichte en heldere ringen, die roodachtig en groenachtig gekleurd zijn.

DE HEER. Juist zoo. Maar hoe zoudt gij nu denken dat die ringen te verklaren zijn?

ABDULLAH. Ja mijnheer, dat zou ik niet weten.

DE HEER. Nu, dat verwondert mij niet. De verklaring van die ringen is bijna niet te geven, wanneer men aanneemt, dat het licht uit lichtdeeltjes bestaat, die zich in de richting van den lichtstraal voortbewegen. Want laat ons eens nagaan fig. 495, wat er met dat licht gebeurt, dat op dat brilleglas valt. Een klein gedeelte wordt natuurlijk, in *g* teruggekaatst op de bovenste oppervlakte, maar met dat gedeelte hebben wij hier blijkbaar niet te maken. Dat gedeelte van het licht, dat door die bovenste oppervlakte doorgelaten wordt, valt op de onderste oppervlakte van het brilleglas, *C E D* en wordt voor een klein gedeelte naar boven teruggekaatst. De rest, d. i. het grootste gedeelte, wordt doorgelaten, en ontmoet, na de kleine tusschenruimte tusschen het brilleglas en het platte glas doorloopen te hebben, het platte glas, waar weder eene terugkaatsing voor een klein gedeelte plaats heeft.

Fig. 495.



Die beide gedeelten nu vallen te zamen, te gelijker tijd, in het oog, en daardoor worden nu die lichte en donkere ringen gevormd.

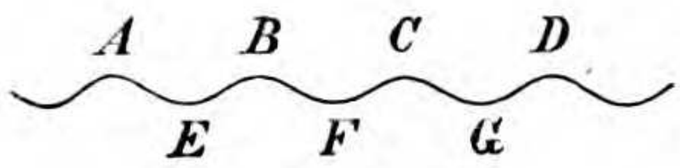
ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe kan dat nu? hoe kan nu licht met licht een donkeren ring vormen?

DE HEER. Dat is juist het merkwaardige van de zaak. Gij begrijpt wel, dat, als gij aanneemt dat het licht uit stofdeeltjes bestaat, het dan ook onmogelijk is, dat licht met licht duisternis geeft. Maar dat is niet onmogelijk als men aanneemt dat het licht uit golvingen bestaat. Want herinner u maar eens wat ik u heb opgemerkt, dat een zelfde stukje hout, dat op een water drijft, zeer goed aan twee golven tegelijk voldoen kan. Gebeurt het nu, dat het op eene plaats ligt, waar twee golven komen, maar zoo, dat op hetzelfde oogenblik dat de eene golf het in de hoogte zou brengen, de andere het juist in de laagte zou voeren; als dan die twee golven denzelfden tijd noodig hebben, om eene op- en neergaande beweging aan de waterdeeltjes te geven, dan blijft het stukje hout natuurlijk voortdurend op zijne plaats; het gaat niet naar de hoogte en ook niet naar de laagte.

Hetzelfde doen nu de ether-deeltjes, die liggen tusschen het brilleglas en het oog. Het licht wordt teruggekaatst, zooals ik u gezegd heb, eerst op de oppervlakte van het brilleglas, daarna op de glasplaat, waar het brilleglas op ligt; beide terugkaatsingen veroorzaken een lichtstraal, die naar het oog gaat, maar de weg, dien de eene lichtstraal heeft afgelegd, is langer dan die van den anderen. De eene doorloopt namelijk $a\,g\,b$ en $b\,h\,c$, de andere $a\,g\,b$, $b\,d$, $d\,e$ en $e\,i\,f$. Het verschil in afgelegden afstand kan men dus aannemen gelijk te zijn aan $b\,d\,+\,d\,e$, d. i. den dubbelen afstand van het brilleglas en de onderliggende glasplaat. Die dubbele afstand is natuurlijk in het aanrakingspunt $= 0$, en rondom dat punt op gelijken afstand ervan, gelijk, maar naarmate men zich verder en verder van dat aanrakingspunt verwijdert, wordt die afstand grooter en grooter.

Stel nu eens, dat fig. 496 voorstelt de oppervlakte van een water, waar golven in zijn, die zich bijv. van de linker- naar de rechterhand voortbewegen. Dan zullen sommige waterdeeltjes zoo hoog mogelijk zijn, bijv. *A*, *B*, *C*, *D*; men noemt die punten de *toppen* der golven; andere zijn zoo laag mogelijk, die liggen in de *dalen* *E*, *F* en *G*.

Fig. 496.



De afstand tusschen twee op elkander volgende toppen *A B* of *B C*, of ook tusschen twee op elkander volgende dalen *E F* of *F G*, noemt men eene *golflengte*.

Let nu wel op, dat de waterdeeltjes alleen op en neer gaan, en dat dus hetzelfde waterdeeltje, dat op een top is, na korten tijd zich in een dal bevindt, enz. Maar als twee waterdeeltjes één, twee of meer golflengten van elkander afstaan, in de richting, waarin zich de golf beweegt, dan zijn zij ook gelijktijdig op een top en gelijktijdig in een dal.

En twee waterdeeltjes, die in dezelfde richting een halve, anderhalve, twee en een halve golflengte enz. van elkander afstaan, zijn altijd gelijktijdig in tegenovergestelde punten van hunne op- en neergaande schommelende beweging.

De trillingen van den ether, die het licht veroorzaken, zijn vrij wel te vergelijken met de op- en neergaande schommelingen der waterdeeltjes eener golf. Maar als gij een steentje in het water gooit, ziet gij golfjes ontstaan, die eenige centimeters golflengte hebben, maar de golflengte der ether-trillingen is veel kleiner; die bedraagt niet voor alle kleuren evenveel, maar gemiddeld kunt gij rekenen op 0,0006 millimeter.

Waardoor ontstaan nu die ringen? Eenvoudig daardoor, dat de wegen, die de twee teruggekaatste stralen moeten afleggen, om naar het oog te komen, achtereenvolgens $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$, 3, enz. golflengten van het licht verschillen. Waar het verschil $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ golflengte is, daar ziet men een donkeren ring, waar het een heel aantal golflengten is, daar ziet men een helderen ring. Hierbij moet echter op één ding gelet

worden. Alle proeven hebben namelijk geleerd, dat de lichtstraal $b\,d$, die zich in lucht beweegt en op glas teruggekaatst wordt, daarbij $\frac{1}{2}$ golflengte verandert. De reden hiervan is niet goed bekend; met den lichtstraal $g\,b$, die zich in glas beweegt, en aan de oppervlakte, die met de lucht in aanraking is, teruggekaatst wordt, is dit niet het geval. Hierdoor heeft men in het midden eene donkere vlek, terwijl, wanneer deze omstandigheid niet plaats had, daar eene lichte vlek verwacht zou worden.

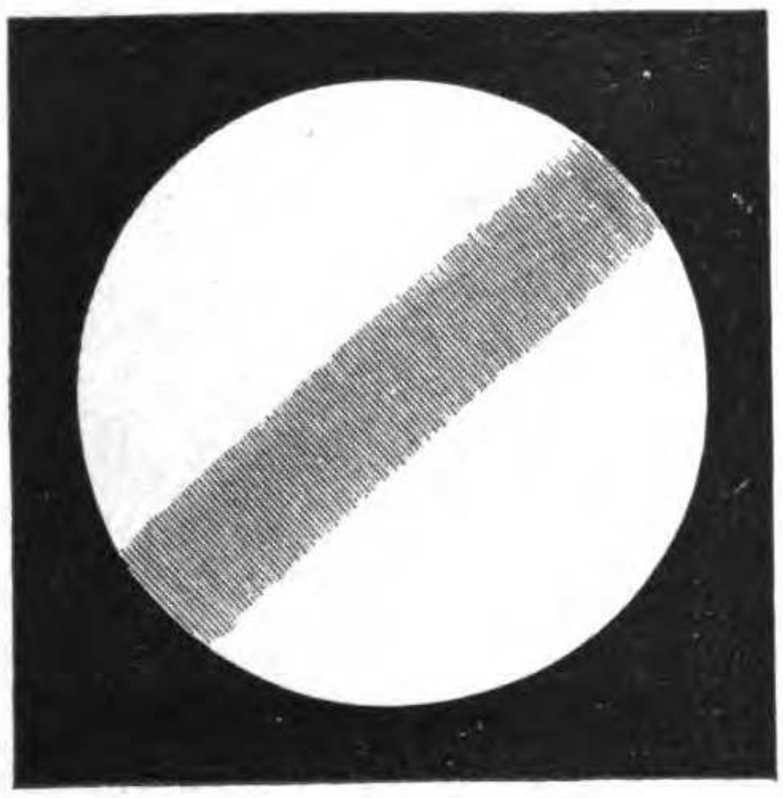
---

§ 277.

3°. DE LICHTE EN DONKERE RANDEN, DIE DE SCHADUWEN DER VOORWERPEN BEGRENZEN, ALS ZIJ DOOR EEN ZEER KLEIN LICHTEND PUNT BESCHENEN WORDEN.

3°. Gij hebt wel eens opgemerkt, dat als er in het dak van een huis, tusschen de pannen of het atap, of ook wel indien er in eene jaloesie eene zeer kleine opening is, waar de zon kan doorschijnen, en als men op een zekeren afstand van die opening het licht der zon, dat door die opening komt, loodrecht op een scherm, bijv. een vel papier, laat vallen, men dan altijd een zuiver rond zonnebeeld verkrijgt, hoe verder van het gat, hoe grooter het zonnebeeld is.

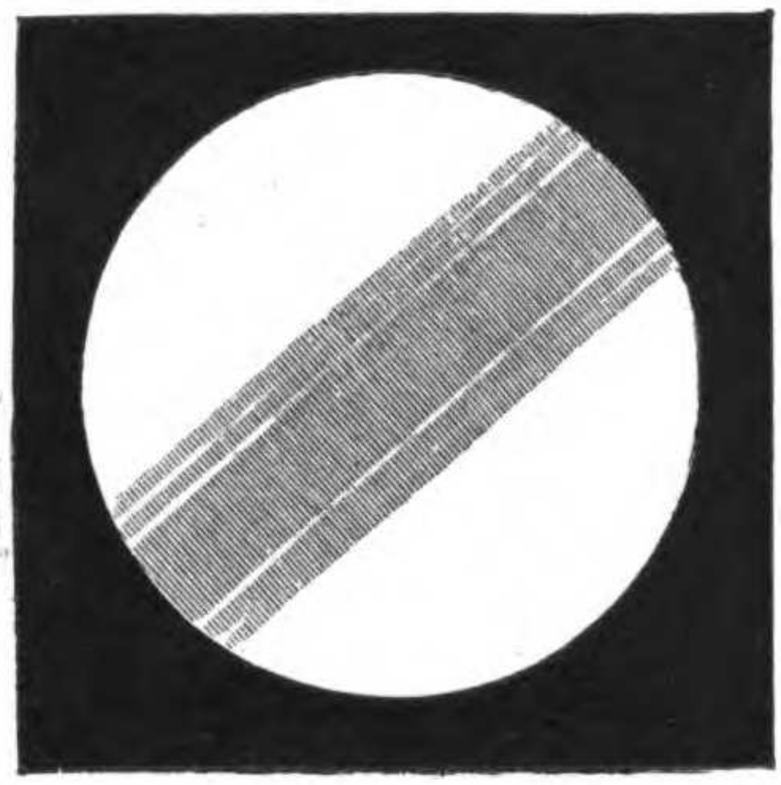
Fig. 497.



Als men nu in den lichtbundel den kant van een voorwerp brengt, bijv. een potlood, een mes of wat anders, dan zoudt gij oppervlakkig denken, dat gij eene zuivere schaduw van dat voorwerp op het vel wit papier zoudt zien, bijv. zooals in fig. 497. Maar dat is lang het geval niet. Die schaduw is, zie fig. 498, begrensd eerst door een zeer heldere witte lijn, die

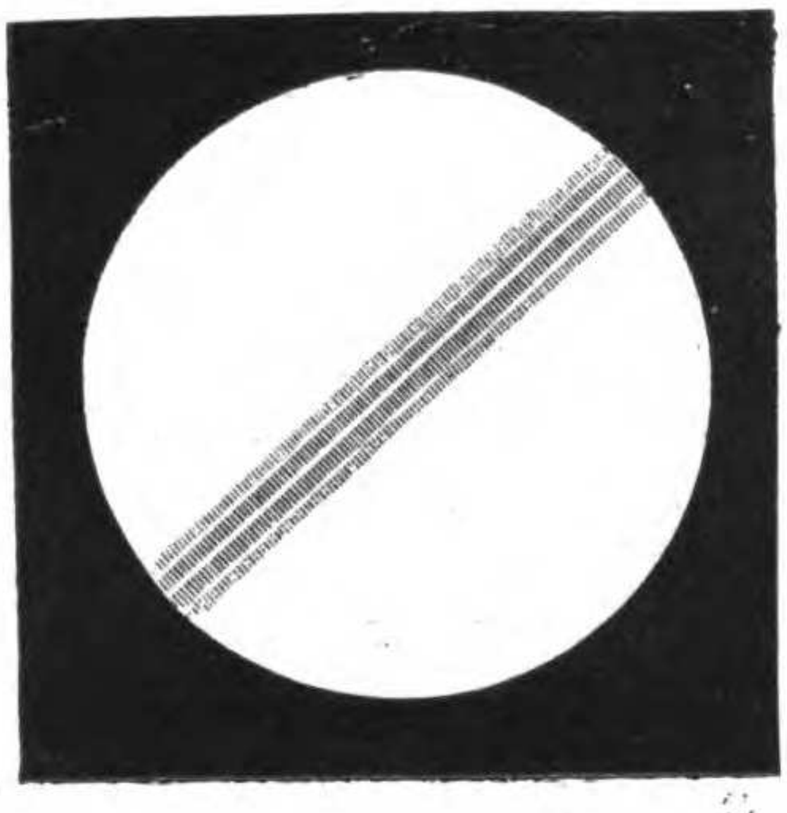
duidelijk helderder is dan het zonnebeeldje zelf; daarop volgt eene tamelijk breede, zeer donkere lijn, daarop nog eene fijne lichte en nog eene fijne donkere lijn.

Fig. 498.



Houdt gij in de plaats van een potlood een hoofdhaar, dan zoudt gij verwachten eene schaduw, die omtrent dezelfde breedte had, dus 0,1 millimeter, maar de schaduw is veel breeder en ook al weêr begrensd door dergelijke donkere en lichte strepen, fig. 499, en is de afstand tusschen het haar en het papier groot genoeg, dan is er eene lichte streep in het midden, waar men anders althans het donkerste gedeelte zou verwachten.

Fig. 499.



De verklaring van dit verschijnsel kan ik u nu weder niet geven, het zou ons te lang ophouden; maar ik kan u wel zeggen, dat die verklaring zeer gemakkelijk is als men maar, evenals Huygens, aanneemt, dat het licht uit golven of trillingen bestaat. De zwarte strepen ontstaan op die plaatsen, waar de ether-golven elkander vernietigen, de lichte op die plaatsen, waar zij elkander versterken.

---

§ 278.

NOG EENIGE ANDERE BEKENDE VERSCHIJNSELEN, DIE VERKLAARD KUNNEN WORDEN DOOR DE ONDERSTELLING, DAT HET LICHT UIT GOLVEN BESTAAT.

Zoo zijn er nog een aantal andere verschijnselen, die ieder wel eens heeft opgemerkt, zonder erover na te denken, hoe zij

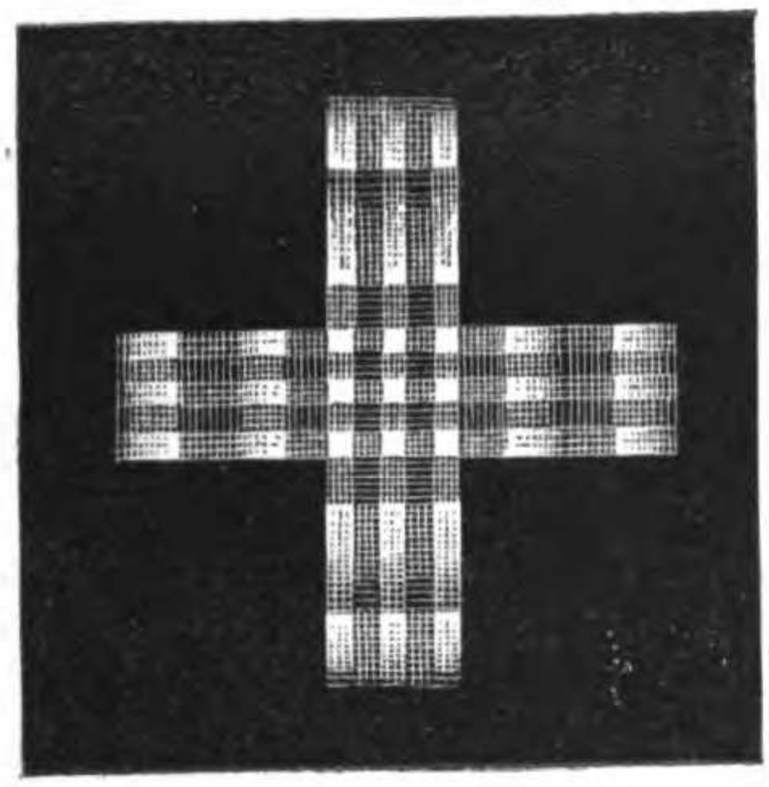
verklaard kunnen worden, en die toch alle door de beschouwingswijze van Huygens gemakkelijk verklaard geworden zijn.

Ik zal in het kort opsommen: de kleuren van zeepbellen, en die van eene dunne laag terpentijn of andere olie op water. Die kleuren behooren tot dezelfde soort van verschijnselen als de ringen onder het brilleglas.

De kleuren die gij op perlemoer ziet.

Wanneer gij door een stuk goed gespannen fijne zijde, bijv. eene Europeesche parapluie, naar een ver verwijderd licht ziet, dan ziet gij, als het licht sterk genoeg is, steeds negen lichtjes in een vierkant gerangschikt, zooals fig. 500 aanduidt, dikwijls nog twee verlichte banden erbij, in de richting van de zijden van dat vierkant. Gij kunt wel begrijpen dat al wat in deze figuur donker is, niet eenvoudig de schaduw is van de zijden draden, want dan zouden de lichte plekken in dezelfde rij, op gelijken afstand van elkander staan, hetgeen nu niet zoo is, en de vier donkere hoeken zouden er ook niet zijn.

Fig. 500.



---

§ 279.

HOEVEEL TRILLINGEN HET LICHT IN ÉÉNE SEKUNDE MAAKT.

Voor en aleer ik nu met u tot een ander onderwerp overga, wil ik u toch eens doen opmerken, welke verwonderenswaardige uitkomsten de natuurkunde heeft opgeleverd. Dat het licht uit dergelijke golven bestaat, als waarover ik met u gesproken heb, is tegenwoordig als zeker aan te nemen. Ik heb u eenige weinige verschijnselen medegedeeld, die anders niet of slechts zeer gedwongen te verklaren zijn, maar er zijn er door de natuurkundigen zoo vele gevonden. Vooral als men kristallen

zooals zout, aluin, in dunne plaatjes slijpt, en die op bepaalde wijzen op elkander legt, dan ziet men dikwijls vreemde gekleurde figuren, waarvan de verklaring alleen in de beschouwingswijze van Huygens mogelijk is.

Ook is het geheel zeker dat de golflengte, dus de afstand van top tot top, bij het licht gemiddeld omtrent 0,0006 van een millimeter bedraagt. Maar nu heb ik u al eens gesproken over de snelheid van het licht; die is door de beste onderzoekingen gevonden te bedragen 40,000 Duitsche mijlen of omtrent 300 000 000 meters in de sekunde. Daar nu elke golflengte 0,0006 millimeter is, ziet gij dus dat het licht

500 000 000 000 000

of anders gezegd vijf honderd billioen trillingen in ééne sekunde maakt. Zonder twijfel verwondert gij u hierover; als men nagaat dat een sekundeslinger, zooals in die groote staande klokken zijn, 16 millioen jaren noodig zoude hebben om evenveel slingeringen te volbrengen, dan is het haast onbegrijpelijk hoe het mogelijk is; maar bedenk wel, dat er snaren op eene piano zijn — namelijk voor de hoogste tonen — die 8000 en meermalen in de sekunde trillen, en dat de veerkracht van den ether voorondersteld wordt duizenden malen sterker te zijn dan de veerkracht van het metaal, waaruit de snaren bestaan. Groot en klein zijn altijd betrekkelijke begrippen, eene lengte, die voor ons gezicht niet goed meer te onderscheiden is, noemen wij klein; eene tijdruimte, die zoo klein is, dat, als er bij het begin en het einde dier tijdruimte een tik gegeven wordt, ons oor die tikken niet meer afzonderlijk kan onderscheiden, noemen wij zeer klein; wij verbeelden ons dat zulk eene lengte, zulk eene tijdruimte zoo klein zijn, dat zij bijna niet kleiner kunnen gedacht worden.

Maar nemen wij een vergrootglas of mikroskoop ter hand, dan zal eene ruimte, die wij vroeger voor zeer klein aanzagen, ons voorkomen zeer groot te zijn, wij zullen dadelijk inzien dat die ruimte zeer goed in een aantal deelen verdeeld kan

worden. In Europa heeft men zoogenaamde zon-miskroskopen, waarmede men in een zaal op een hangend gordijn of zeil, evenals met eene tooverlantaarn, het beeld laat vallen van kleine dieren of voorwerpen, bijv. eene vloo, eene kaasmijt, de zeer kleine diertjes die in slootwater leven, het stof van de vleugels van kapellen of motten, hoofdhaar, spinragdraden, enz. Dan verschijnen diezelfde voorwerpen ontzettend vergroot, het beeld eener vloo schijnt 3 of 4 meters lang te zijn, en het wordt duidelijk, dat een millimeter zeer goed in 100 of 1000 deelen verdeeld zou kunnen zijn, en dat men dan toch die deelen op dat scherm zou kunnen zien.

Evenzoo is het nu met den tijd ook. Een sekunde is zeker een kleine tijdruimte; maar als gij u nu verbeeldt, dat de aarde in hare loopbaan omstreeks 4 Duitsche mijlen of anders gezegd 29 000 meters in eene sekunde aflegt, dan volgt daaruit, dat zij om eene ruimte van 29 millimeters af te leggen, omtrent één millioenste eener sekunde noodig heeft. Ziedaar dus ten minste eene maat voor één millioenste eener sekunde.

Evenzoo is het met groote afstanden en tijdsruimten. Wij noemen de middellijn van onzen aardbol groot, omdat wij haar vergelijken bij de lengte van onze armen, of van ons geheele lichaam, of van voorwerpen die in ons bereik liggen. Maar wat is die middellijn in vergelijking van den afstand der aarde tot de zon, en wat is die afstand in vergelijking met den afstand van ons zonnestelsel tot de vaste sterren?

Wij noemen 50 jaren lang; omdat wij het vergelijken bij den menschelijken leeftijd, maar wat is de menschelijke leeftijd of 50 jaren in vergelijking bij de duizenden jaren, waarover de geschiedenis tot ons gekomen is, en wat zijn die duizenden jaren in vergelijking met den tijd dien de aarde, en de zon, en andere hemellichamen noodig gehad hebben, om gevormd te worden, en en die de aarde en wellicht andere planeten noodig hadden om te bekoelen, totdat zij voor menschen, dieren en planten bewoonbaar werden!

§ 280.

GROOTTE, MASSA EN DICHTHEID VAN JUPITER.

Voor en aleer wij onze beschouwing van Jupiter eindigen, Abdullah, moet ik u nog mededeelen, wat wij omtrent de grootte en massa van Jupiter weten.

Gij herinnert u, dat ik u wel heb medegedeeld, dat Venus nagenoeg even groot is als de aarde. Als Jupiter in zijn grootsten glans is, is hij wel niet zoo glansrijk als Venus, maar doet toch niet veel voor haar in licht onder. Als wij nu bedenken dat Jupiter zooveel verder dan Venus, zoowel van de zon als van ons afstaat, dan komen wij wel tot de gevolgtrekking, dat hij veel grooter moet zijn dan Venus, om zulk een groot lichtend vermogen te bezitten.

Ik zal u dit nader met de juiste getallen uitleggen, en dan zult gij het zelf zien. Jupiter staat 5,2 maal verder van de zon, dan de aarde en Venus slechts 0,72 van dien afstand, dus staat Jupiter meer dan zeven malen verder dan Venus van de zon af. Het gevolg daarvan is (4e stukje § 172) dat op dezelfde oppervlakte op Jupiter, 7×7 of omtrent vijftig maal minder zonlicht valt dan op Venus. Voeg daar nu bij dat in de gunstigste omstandigheden, dat is als hij in oppositie is, Jupiter omtrent 6 maal verder van ons af is dan Venus bij hare grootste elongatie, (als wanneer zij bijna haar grootste licht heeft); was Venus ook zoo ver van ons af, als Jupiter in zijne oppositie, en toch even sterk verlicht, dan zou haar licht dus 36 maal zwakker zijn dan nu.

Wij besluiten dus dat als Jupiter, niettegenstaande het licht, dat hij van de zon ontvangt 50 maal zwakker, en het licht dat de aarde van hem ontvangt nog eens 36 maal zwakker is, toch zich zoo helder vertoont, hij zeker veel grooter dan Venus zijn moet, en in die gevolgtrekking vergissen wij ons niet. Zien wij Jupiter door een kijker, dan vertoont hij zich als een afgeplatte bol, die helder lichtgevend is; maar

dat licht ontleent hij aan de zon, evenals de andere planeten.

Nu kunnen de sterrekundigen aan hunne kijkers een instrumentje toevoegen, waarmede zij meten, hoe groot het bolletje hun toeschijnt, dat wil zeggen, hoeveel sekonden de middellijn aan den hemel inneemt. Gij herinnert u, dat ik u meermalen heb medegedeeld, dat de zon en de maan beide omtrent een halven graad aan den hemel innemen; een dertigste gedeelte hiervan is dus eene minuut of zestig sekunden.

Als men dus nu weet, hoeveel sekunden de middellijn van Jupiter bedraagt, en ook op welken afstand hij van ons af is, dan kan men ook nagaan hoe groot zijne middellijn is, uitgedrukt in dezelfde lengtemaat, waarin die afstand uitgedrukt was. Kent men dien afstand in Duitsche mijlen, dan kent men ook de middellijn van Jupiter in Duitsche mijlen, en kan haar dus met de middellijn der aarde vergelijken.

Op die wijze heeft men gevonden dat Jupiter eene grootste middellijn heeft die 11,06 maal grooter is dan die van onze aarde; ik zeg grootste middellijn, omdat ik daarmede bedoel de middellijn van zijne evennachtslijn. Zooals gij op de teekeningen hebt kunnen zien, die ik u van Jupiter getoond heb, is hij sterk afgeplat, ten gevolge van de snelle omwenteling om zijne as. Terwijl de afplatting van de aarde slechts $\frac{1}{300}$ bedraagt, hebben de beste metingen, die van den Hollandschen sterrekundige Kaiser, voor de afplatting van Jupiter gegeven $\frac{1}{17}$; de kleinste middellijn van Jupiter, d. i. zijne middellijn van pool tot pool, bedraagt slechts 10,45 maal de middellijn der aarde van pool tot pool. Wil men nu weten, hoeveel maal meer ruimte de geheele planeet inneemt, dan de aarde, dan moet men het produkt nemen

$$11{,}06 \times 11{,}06 \times 10{,}45,$$

en dan vindt men

$$1278{,}4.$$

Zooveel maal meer inhoud dan de aarde heeft Jupiter. Hij

is de grootste der planeten, en houdt tamelijk het midden tusschen de aarde en de zon, in zoover dat de zon weder ongeveer 1000 maal meer inhoud heeft dan Jupiter.

Het merkwaardigste van alles is nochtans, dat als men nagaat, hoeveel Jupiter weegt, of liever, zooals de sterrekundigen zich uitdrukken, hoeveel de massa van Jupiter grooter is dan die der aarde, men dan een geheel ander getal verkrijgt.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe kan men dat te weten komen?

DE HEER. Herinner u maar, wat ik u vroeger van die ster in Centaurus verteld heb, (4e stukje, § 183), dan zal het u wel duidelijk zijn.

Ik heb u gezegd, dat de sterrekundigen ook nauwkeurig hebben gemeten, op welken afstand de wachters wel van Jupiter verwijderd waren, of hunne loopbanen cirkelvormig of elliptisch waren, enz. Nu is gevonden, dat de loopbanen der beide eerste wachters nagenoeg geheel cirkelvormig zijn, die van den derden en vierden wachter daarentegen zwak elliptisch. Maar ook van de loopbanen dezer laatste wachters zijn de groote assen bekend geworden, en die zijn alleen maar noodig, om de massa van de planeet te vinden. Hiervoor moeten ook de omloopstijden der wachters bekend zijn; van alle getallen nu, die op het zonnestelsel betrekking hebben, zijn de omloopstijden van de wachters van Jupiter het best bekend, dus dat maakt geene zwarigheid. Men redeneert nu verder aldus. Indien bijv. de vierde wachter verder van Jupiter verwijderd werd, zoover bijv. als de aarde van de zon afstaat, dan zou zijn omloopstijd veel langer worden. Hoe lang, kan gemakkelijk door de derde wet van Keppler berekend worden. Indien nu Jupiter de massa der zon had, dan zou men voor dien omloopstijd verkrijgen precies een jaar. Maar men vindt meer dan een jaar, en dit is een teeken dat de massa van Jupiter geringer is dan die der zon. Gaat men door de wiskunde het voorstel na, hetgeen niet moeielijk is, dan vindt men dat als de omloopstijd 2 of 3 maal langer duurt, de

massa der planeet dan 4 of 9 maal kleiner is. Op die wijze, en door alles goed in acht te nemen, wat op het onderwerp toepasselijk is, heeft men gevonden dat Jupiter ongeveer 1048 maal minder massa heeft dan de zon.

Op eene dergelijke manier als bij Jupiter kan men ook zeer licht de massa der aarde vinden met betrekking tot die der zon; daartoe moet men namelijk den omloopstijd van onze maan om de aarde vergelijken met den omloopstijd der aarde om de zon, en ook letten op den afstand zoowel van de maan tot de aarde, als van de aarde tot de zon. Op die wijze vindt men, zooals ik u al eens heb medegedeeld, dat de zon 320,000 maal meer massa heeft dan de aarde.

Deelt gij dit nu door 1048 dan ziet gij, dat Jupiter 305 maal meer massa heeft dan de aarde, hoewel hij 1278 maal meer inhoud bezit.

De stof, waaruit Jupiter bestaat, is dus meer dan vier maal lichter dan de stof, waaruit de aarde bestaat; en nu heb ik u vroeger al medegedeeld, dat de gemiddelde dichtheid van de aarde 5,66 bedraagt, dat wil zeggen, dat de aarde zooveel maal meer weegt, dan wanneer zij uit zuiver water bestond, dus vindt men, dat de stof, waaruit Jupiter bestaat, eene dichtheid heeft van omtrent $1\frac{1}{3}$.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is toch zonderling, dat juist zoo een groote planeet uit zooveel maal lichtere stof bestaat dan de aarde.

DE HEER. Ja, dat is ook zoo. Maar gij herinnert u immers wel, dat het met de zon hetzelfde geval is. Die heeft ook eene dichtheid, die viermaal minder is dan de dichtheid der aarde. Saturnus, die op Jupiter in het planetenstelsel volgt, en die ook in grootte op hem volgt, is zelfs betrekkelijk nog lichter dan Jupiter; zulke overeenkomsten maken natuurlijk dat wij nadenken en ons afvragen: waarom is dat zoo? Maar als gij u dan herinnert, wat ik u alzoo verteld heb van de wijze waarop naar alle waarschijnlijkheid de zon en de planeten ontstaan zijn, namelijk door het bij elkander, naar één klomp

samenvloeien van allerlei stof, die in de wereldruimte zweefde, als gij dan oplet, zooals ik u verteld heb, hoe bij het vallen van een stuk steen of wat het zijn moge, op eene groote reeds bestaande kern er eene ontzaggelijke warmte ontwikkeld wordt, en dat men de hitte der zon hoofdzakelijk aan deze oorzaak toeschrijft; dan zult gij wel begrijpen, dat de kleine hemellichamen eerder tot eene zekere mate bekoeld moeten zijn dan de groote. Terwijl dus onze aarde al zoover bekoeld is, dat hare oppervlakte bewoonbaar is, is de zon zelfs nog niet zoover bekoeld, dat hare oppervlakte niet meer gloeiend is; zij is nog zoo heet, dat er alle kans voor is, dat zij nog geheel uit gloeiend gas bestaat. Jupiter staat tusschen de zon en de aarde in, wat zijne grootte aangaat; het is dus waarschijnlijk, dat hij, wat zijn warmtetoestand betreft, ook tusschen de aarde en de zon in is; zoo warm, dat de oppervlakte nog gloeiend is, is Jupiter niet, dat kunnen wij daaraan zien, dat de schaduwen der wachters, althans van den eersten en tweeden wachter, er zwart uitzien, (fig. 481). Maar de lichtheid van de stof, waaruit Jupiter bestaat, doet vermoeden, dat Jupiter toch in zijne afkoeling nog niet zoo ver is als de aarde. Nu is het eene bekende zaak, dat de lichamen door de hitte uitzetten, en door de koude inkrimpen. Daardoor zou dus verklaard kunnen worden, waarom die groote lichamen, de zon, Jupiter en Saturnus, zulk eene geringe dichtheid hebben, zij zouden dan namelijk door de koude nog niet genoeg ingekrompen zijn. In den gloeienden dampkring der zon bevinden zich een aantal metalen, waaronder ijzer, in dampvorm; al is nu Jupiter op de oppervlakte niet meer zoo heet, toch is het waarschijnlijk, dat Jupiter van binnen heeter is dan de aarde, en zoo zou, indien de stoffen, waaruit hij bestaat, aldaar door de hitte sterk uitgezet, misschien wel gasvormig zijn, verklaard kunnen worden, waarom hij zoo licht is.

§ 281.

WELKE VERSCHIJNSELEN DE BEWONERS VAN JUPITER ZOO AL WAARNEMEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, is het dan zeker, dat Jupiter te warm is om bewoond te worden?

DE HEER. Volstrekt niet. Het is mogelijk dat in het binnenste der planeet, evenals in onze aarde, eene groote hitte heerscht, ja zelfs, zooals ik u zeide veel grootere, en dat toch de oppervlakte betrekkelijk koel is. Ga maar eens na, waardoor is onze aarde bewoonbaar? Blijkbaar door de zonnewarmte. Zoodra de zon onder is, straalt de grond zijne warmte uit, en wordt kouder en kouder, totdat de morgen komt en de zon weer opkomt. Is de lucht helder, dan kan die uitstraling der warmte soms zoo aanzienlijk zijn, dat de grond veel kouder wordt dan de lucht die op hem rust. Voorwerpen, die buiten in de open lucht staan, zooals tafels, stoelen, ook de pilaartjes en hekken om de erven der Europeesche huizen, worden dan ook kouder dan de omringende lucht; zij onttrekken dan warmte aan de lucht, die onmiddellijk met hen in aanraking is, en daardoor wordt die lucht ook kouder en kan den waterdamp, dien zij vroeger bevatte, niet langer ophouden, en zet dus een gedeelte af op die voorwerpen. Men noemt dit, zooals ik u al eens heb uitgelegd, *dauw*. Die afkoeling kan soms zeer sterk zijn. Het gras wordt bij heldere luchten door die uitstraling zijner warmte soms 8 of 10° C. kouder dan de lucht. In Britsch-Indië zijn plaatsen, waar de inlanders platte aarden schalen op stroo in de open lucht op den grond leggen. Als dan des nachts de uitstraling sterk is, dan worden die schalen zoo koud, dat het water er ten deele in bevriest; er komt een korstje ijs op, de inlanders verzamelen die korstjes ijs uit al de schalen en verkoopen het aan de huizen.

Als het nu des morgens vroeg zeer koel geworden is, dan

rijst de zon op en herstelt weer de verloren warmte. Wij kunnen aannemen, dat wat de grond des nachts door uitstraling verliest, weer des daags door de zonnewarmte gewonnen wordt. Zoo ontstaat er een evenwichtstoestand. Te Batavia daalt de temperatuur, die op het heetst van den dag 31 of 32° C. zijn kan, des nachts soms tot omtrent 21° C.; nauwelijks is de zon op, of de thermometer rijst weer, om weer in den namiddag even hoog te komen als den vorigen dag; dit herhaalt zich elken dag, en de gemiddelde temperatuur is en blijft tamelijk gelijkvormig, gelijk aan 25°,6.

Maar stel nu eens, dat de aarde vijfmaal verder dan nu van de zon was, dan zou de zon slechts $\frac{1}{25}$ van de warmte verstrekken, die zij ons nu toezendt, en wat zou dan het gevolg zijn? Dat de temperatuur hier spoedig ver beneden de tegenwoordige dalen zou. Hoe kouder de grond is, hoe minder hij uitstraalt, de grond zou dus zoolang afkoelen, totdat de zooveel geringere uitstraling van den nacht juist opgewogen werd door de zooveel geringere warmte, die dan van de zon ontvangen zou worden.

Zoolang de aarde van binnen nog zooveel warmte bezit, als nu het geval is, kan zij ook nog door die eigene warmte de buitenste oppervlakte eenigszins verwarmen, maar dit is thans op de aarde van weinig beteekenis omdat de warmte der aarde onmiddellijk onder den grond omtrent gelijk is aan de middelbare temperatuur der plaats, waar men zich bevindt, en omdat de grond de warmte zoo slecht geleidt.

Hoe de toestand bij Jupiter is, weten wij niet, maar het kan zeer goed gebeuren, dat de warmte die de bodem er door uitstraling verliest, weer terugkomt, niet alleen door de zonnestralen, maar ook door de inwendige warmte, die zich tot de oppervlakte voortplant.

En zoo zou het zeer goed kunnen gebeuren, dat de temperatuur op de evennachtslijn van Jupiter, niet veel verschilde, van die op de evennachtstlijn der aarde, zoodat, wat de warmte aangaat, Jupiter zeer goed voor menschen bewoonbaar zou zijn.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als er nu eens menschen op Jupiter waren, wat zou dat niet een merkwaardig gezicht zijn, die vier manen, en dan, zooals u gezegd hebt, nagenoeg alle dag eene eklips!

DE HEER. Ja, dat zou het zeker. Wij kunnen ons, wat aangaat de verschijnselen die op Jupiter zijn waar te nemen, zeer goed eene voorstelling maken. In de eerste plaats zijn de dagen er omtrent $2\frac{1}{2}$ maal korter dan hier, want Jupiter draait in 9 uur en 55^m, 5 om zijne as. De dag duurt er dus nog geen vijf van onze uren, de nacht even zooveel.

Jaargetijden of moessons zijn er niet, althans niet op het grootste gedeelte der oppervlakte. Want waardoor ontstaan ze bij ons? Doordien de omwentelingsas der aarde schuin staat met betrekking tot het vlak van haar loopbaan. Maar bij Jupiter is dat niet zoo. Op een paar graden na staat zijne as loodrecht op het vlak zijner loopbaan, en de oorzaak der jaargetijden in dien zin, zooals wij dat verstaan, — dat wil zeggen: een zomer met lange dagen en korte nachten, en een winter met korte dagen en lange nachten, — bestaat er dus niet. Wel kan er in anderen zin afwisseling van warmte bestaan, doordat de loopbaan eene tamelijk sterke uitmiddelpuntigheid bezit, sterker althans dan de aarde.

Die uitmiddelpuntigheid hebben de sterrekundigen namelijk gevonden te bedragen 0,04825, of bijna $\frac{1}{20}$. Is Jupiter dus in zijn dichtste punt bij de zon, dan is zijn afstand slechts $\frac{19}{20}$, is hij in zijn verste punt, dan is die afstand $\frac{21}{20}$ van zijn middelbaren afstand. Het verschil is $\frac{2}{20}$ of $\frac{1}{10}$. Maar de warmte, die zoo een planeet van de zon ontvangt, is evenals het licht, omgekeerd evenredig aan de tweede macht van den afstand, dat is omgekeerd evenredig

in zijn naaste punt aan $\frac{361}{400}$,
en in zijn verste punt aan $\frac{441}{400}$,

of anders gezegd die warmte is:

in zijn naaste punt evenredig aan $\frac{400}{361}$ of $1\frac{1}{9}$ nagenoeg
„ „ verste „ „ „ $\frac{400}{441}$ „ $\frac{10}{11}$ „

Het verschil dezer twee getallen is $\frac{20}{99}$ of nagenoeg $\frac{1}{5}$. Gij ziet dus dat er op Jupiter een merkbaar verschil moet zijn tusschen de zonnewarmte, het eene gedeelte van het jaar en het andere. Dat jaar nu van Jupiter, is bijna gelijk aan 12 van onze jaren, en wil men het in twee jaargetijden verdeelen, dan duurt elk jaargetijde zes van onze jaren. Het bijzondere van deze jaargetijden op Jupiter is echter, dat het voor het noorder- en zuiderhalfrond te gelijk zomer en ook te gelijk winter is, terwijl, zooals gij weet, op de aarde op het zuiderhalfrond een tegenovergesteld jaargetijde heerscht als op het noorderhalfrond.

De Jupiter-bewoner moet dat jaar betrekkelijk nog veel langer vinden, want terwijl de aarde een jaar heeft van $365\frac{1}{4}$ zonnedagen, gaat bij hem de zon in één zijner jaren 10476 maal op en onder.

Die zon schijnt hem natuurlijk vijfmaal kleiner toe dan aan ons; de warmte en het licht, die hij van de zon ontvangt, zijn ongeveer 27 maal minder dan de warmte en het licht, die wij van de zon genieten.

ABDULLAH. Maar mijnheer, zou nu een bewoner van Jupiter onze aarde ook kunnen zien?

DE HEER. Dat is moeielijk te zeggen. Voor een Jupiterbewoner zijn Mercurius, Venus, de Aarde en Mars *binnen*planeten, alleen Saturnus is eene *buiten*planeet. Of een aardsche sterrekundige, als hij naar Jupiter overgebracht was, zelfs met zijne verrekijkers, kennis zou dragen van die binnenplaneten, zou kunnen betwijfeld worden. Dat hangt geheel en al af van den toestand van den dampkring van Jupiter. Bestond er bij ons geene schemering, dan zouden wij, onmiddellijk na zonsondergang, alle sterren kunnen onderscheiden, en dus Mercurius ook. Op Jupiter is een dampkring, want de veranderingen die wij in zijn uiterlijk voorkomen zien, maken het meer dan waarschijnlijk dat wij de wolken zien, die

in dien dampkring drijven. Van Jupiter uit gezien, bevinden zich de 4 eerstgenoemde planeten altijd in de nabijheid der zon; de grootste elongaties van Mercurius en Venus zijn natuurlijk omtrent vijfmaal kleiner dan voor ons, en ook de planeten de Aarde en Mars zijn voor Jupiter binnenplaneten, en hebben dus ook hunne grootste elongatie. Maar terwijl voor de aarde de grootste elongatie van Mercurius gemiddeld 23° is, zoo is voor Jupiter

die	van	Mercurius	gemiddeld	$4^1/_4$°,
„	„	Venus	„	8 °,
„	„	de Aarde	„	11 °,
„	„	Mars	„	17 °,

dus zelfs die van Mars is voor de Jupiter-bewoners nog niet zoo groot als de grootste elongatie van Mercurius voor ons.

Hierbij komt dat Mercurius en Venus bij de grootste elongaties veel verder van Jupiter afzijn, dan van de aarde, zoodat Mercurius zeker niet helderder zou zijn

	dan	eene	ster	van	de	5e	grootte,
Venus	„	„	„	„	„	1e	„ ,
de Aarde	„	„	heldere	„	„	1e	„ ,
Mars	„	„	„	„	„	2e	„ .

Ingeval dus de dampkring op Jupiter eene dergelijke schemering geeft als de dampkring op de aarde, dan is het zoo goed als zeker, dat, wanneer wij ons erop konden verplaatsen, wij Mercurius en Venus nooit, de Aarde misschien en alleen Mars nu en dan zouden kunnen gewaar worden.

Belangrijker is het verschijnsel, dat de wachters van Jupiter op de oppervlakte der planeet moeten aanbieden. Nauwelijks is de zon voor eene bepaalde plaats op Jupiter ondergegaan, of bijna altijd is er een of meer wachters zichtbaar. De nachten van Jupiter zouden nog meer door de wachters kunnen opgehelderd worden, indien de loopbanen der drie eerste eene

grootere helling op het vlak van Jupiters loopbaan hadden; want nu worden die wachters altijd gedurende eene tamelijk groote tijdruimte in de schaduw der planeet gedompeld en dan verduisterd. Alleen de vierde wachter kan evenals onze maan als *volle* maan schijnen, d. i. in lengte juist tegenover de zon zijn, maar toch eene zoodanige breedte hebben, dat hij boven of onder de schaduw der planeet doorgaat. Vroeger heb ik u de reden daarvan reeds uitgelegd.

Wat de zoneklipsen aangaat, die kan een Jupiter-bewoner ook waarnemen evenals de aardbewoner, maar om eene zoneklips te zien, die een der drie eerste wachters veroorzaakt, moet hij niet te ver van de evennachtslijn, of hetgeen hetzelfde is niet op te hooge noorder- of zuider-breedte zijn. Alleen de vierde wachter komt soms door de groote helling zijner loopbaan, zoo hoog en zoo laag, dat zijne schaduw tot zelfs de polen van Jupiter kan bereiken.

Al die vier wachters geven, telkens als zij eene eklips veroorzaken, eene totale zoneklips. Wij kunnen, van ons standpunt af, de ronde schaduwen zien, die de wachters bij zulk eene zoneklips, op Jupiter werpen, (fig. 481). De zwarte vlek in die figuur moet men als de kernschaduw aanzien, de bijschaduw omringt de kernschaduw, en is breeder, naarmate de wachter verder van de planeet af is. Tegelijk wordt dan de kernschaduw kleiner; dit een en ander is voorzeker de reden waarom de schaduw van den vierden wachter op de planeet, door een kijker gezien, zich als een veel doffer vlekje voordoet dan de schaduwen der drie overige.

ABDULLAH. Maar mijnheer, zijn die eklipsen dan altijd totaal? kunnen zij ringvormig zijn evenals bij ons?

DE HEER. Om dat te beslissen zouden er twee wegen voor ons open zijn. Is er een ringvormige eklips, dan reikt de eigenlijke kernschaduw niet tot de planeet, maar zooals gij u herinnert, de punt of top van die schaduw valt tusschen de maan en de planeet. (1e en 2e stukje, § 32 en 52). Zien wij dus de schaduw altijd als een zuivere zwarte vlek, dan kun-

nen wij zeker zijn dat het de kernschaduw is. Dit is bij de drie eerste wachters het geval. Van den vierden wachter is de schaduw wel eens wat doffer; wij moeten dus om uwe vraag te beantwoorden, een anderen weg inslaan.

Gelukt het ons de middellijnen der wachters, van hier uit, te bepalen, dan kunnen wij ook wel berekenen, hoe groot zij zich op de oppervlakte van Jupiter voordoen. Nu zijn die wachters bijzonder kleine bolletjes, zoodat men alleen met sterke kijkers de middellijnen zien en meten kan. Beter dan door uitmeting laat zich echter de grootte dier wachters vinden door te zien, hoeveel minuten en sekonden de wachter gebruikt, om bij een overgang op de planeet te komen; daaruit kan dan verder gemakkelijk afgeleid worden, hoe groot zij zich voordoen, gezien van de evennachtslijn der planeet af. Zoo is het gebleken, dat, terwijl onze maan aan den hemel eene middellijn heeft, afwisselende tusschen 29½ en 32½ minuut, de wachters van Jupiter, gezien van de evennachtslijn, als zij in het zenith staan, eene middellijn hebben

de 1e van 38′ ,
„ 2e „ 17 ,5,
„ 3e „ 18 ,
„ 4e „ 8 ,8.

Nemen wij nu in aanmerking, dat de zon zich op Jupiter moet voordoen als eene schijf van 6′ middellijn, dan kunnen wij duidelijk zien, dat alle vier de wachters, van de evennachtslijn af, de zon kunnen bedekken; er zijn dus wel gedeeltelijke zoneklipsen mogelijk, maar geene ringvormige.

Er zijn nog verschillende zaken, die op de wachters van Jupiter betrekking hebben, die wel waard zijn om op te letten.

In de eerste plaats wilde ik u het volgende doen opmerken. De eerste wachter, wier loopbaan het dichtst bij Jupiter is, heeft een omloopstijd van omtrent 1d 18½u. Al die wachters van Jupiter bewegen zich in dezelfde richting, als Jupiter zich om zijne as en om de zon beweegt, en deze richting is dezelfde

als waarin de aarde om de zon en de maan om de aarde draait. Men kan deze richting uitdrukken door te zeggen: als men het hoofd naar de noordpool gekeerd heeft, is die beweging van het westen door het zuiden naar het oosten. — Maar desniettemin zien wij de maan alle dagen in het oosten opkomen en zich door het zuiden naar het westen bewegen. Hoe komt dit? Alleen daardoor, dat de aarde sneller om hare as draait dan de maan om de aarde.

Indien de omloopstijd der maan van 27⅓ dag verkort werd tot één sterredag, den tijd, waarin de aarde om hare as draait, welk verschijnsel denkt gij dan wel, dat wij aan de maan zouden waarnemen?

ABDULLAH. Wel mijnheer, dan zou de maan altijd tegenover dezelfde plaats blijven.

DE HEER. Juist. Indien de loopbaan onzer maan samenviel met de evennachtslijn, en tevens haar loop geheel regelmatig was, dan zou in dat geval de maan altijd in het zenith derzelfde plaats blijven.

En was hare beweging nog sneller dan de omwenteling om de draaiingsas, dan zou de beweging van de maan de overhand behouden, en wij zouden werkelijk de maan zich zien bewegen van het westen door het zuiden naar het oosten, evenals hare eigene beweging om de aarde ook is, altijd in de onderstelling, dat wij ons hoofd naar het noorden gekeerd hebben. Hier op Java zouden wij het kunnen uitdrukken door te zeggen van het westen, voorbij het zenith naar het oosten.

Nu zijn van al de wachters van Jupiter de omloopstijden grooter dan de omwentelingstijd van de planeet om hare as; dus besluiten wij, dat alle vier de wachters van Jupiter, evenals de sterren, in het *oosten* opkomen, voor bewoners nabij de evennachtslijn dagelijks voorbij hun zenith loopen en in het *westen* ondergaan.

§ 282.

VOORKOMEN VAN JUPITER, GEZIEN UIT DE WACHTERS.

Merkwaardiger nog dan de vraag hoe groot de wachters zich vertoonen, gezien uit Jupiter, is deze: hoe groot doet Jupiter zich voor, gezien uit de wachters.

Doet men dezelfde vraag ten opzichte onzer maan, dan is het antwoord eenvoudig dit: de aarde heeft eene middellijn die $3\frac{2}{3}$ maal grooter is dan die der maan.

Dus moet de aarde, gezien uit de maan, ook zeer nabij eene $3\frac{2}{3}$ maal grootere schijnbare middellijn aan den hemel hebben, dan de maan, gezien uit de aarde; dat is dus eene middellijn van bijna twee graden.

Bij Jupiter is de verhouding geheel anders. De planeet is in vergelijking tot zijne wachters veel grooter dan de aarde in vergelijking tot de maan. Voorts heeft Jupiter eene sterke afplatting, de aarde eene uit de verte nauwelijks merkbare. Terwijl dus de aarde, uit de maan gezien, zich als een bol voordoet, (waarvan slechts nauwkeurige metingen de afplatting zouden kunnen verraden) is Jupiter, uit zijne wachters gezien, blijkbaar sterk ovaal. En als men nu uit de bekende afstanden van de wachters tot het middelpunt der planeet, en uit de bekende groote en kleine as der planeet, uitrekent hoe groot de planeet wel aan de wachters moet toeschijnen, dan verkrijgt men, dat de ovalen aan den hemel, waaronder Jupiter uit de verschillende wachters gezien wordt de volgende assen zullen hebben.

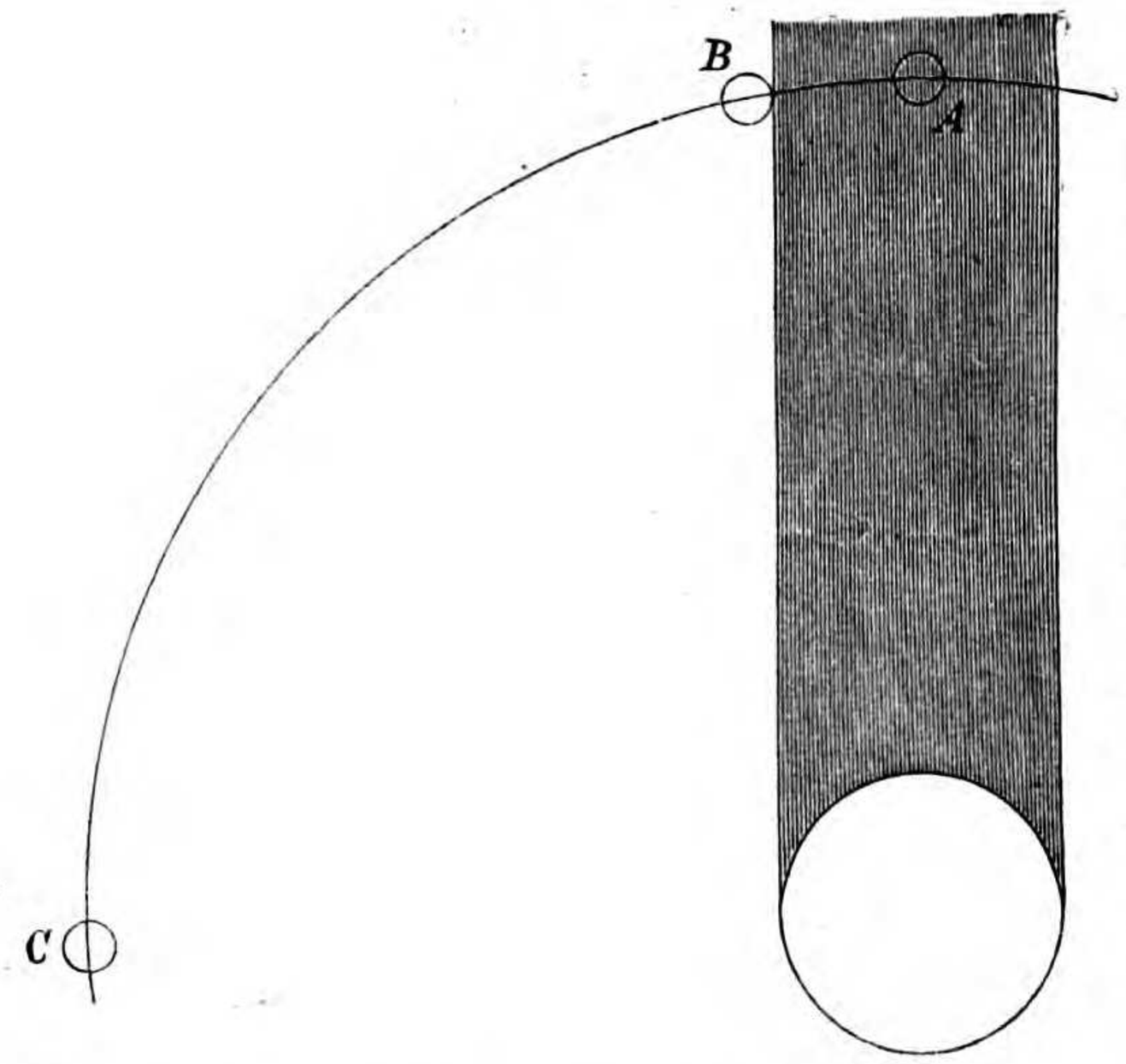
	Groote as.	Kleine as.
uit den eersten wachter	19°48′	18°39′
„ „ tweeden „	12 25	11 32,5
„ „ derden „	7 47	7 12
„ „ vierden „	4 25	4 5

Het is dus na te gaan, welk prachtig schouwspel de planeet

moet vertoonen, vooral gezien van den eersten wachter. Een afgeplatten bol aan den hemel te zien, hebbende eene grootste middellijn bijna zoo groot als 40 maal die van onze maan, en eene kleinste middellijn omtrent 38 maal die van onze maan, dit is een schouwspel, waarvan wij ons bijna geen denkbeeld kunnen maken. Welk eene schoone standplaats, om de planeet te onderzoeken!

Gij moet u daarbij voorstellen, dat de wachter, om de planeet draaiende, haar achtereenvolgens dezelfde schijngestalten ziet doorloopen, als wij aan onze maan waarnemen. Is de wachter, zie fig. 501, in de schaduw der planeet, n.l. in *A*, dan ziet een bewoner van hem noch den verlichten kant der planeet, noch de zon. Zoodra komt de wachter niet weder uit de schaduw te voorschijn, in *B*, of die bewoner ziet zoowel de zon als een verlicht randje aan de planeet. Spoedig wordt de sikkel, waaronder de planeet zich vertoont, breeder en breeder, en nadat de wachter ongeveer een vierde gedeelte van zijnen omloopstijd volbracht heeft, en dus in *C* gekomen is, ziet men van zijne oppervlakte de planeet half vol, evenals wij de maan in haar eerste kwartier. Later wordt de planeet vol, wanneer namelijk de wachter juist tusschen hem en de zon instaat; nog later vermindert de breedte van het verlichte gedeelte weder, de planeet komt, als de wachter zich *tegenover*

Fig. 501.



C bevindt, in het laatste kwartier, om daarna al smaller en smaller te worden, tot zij geheel en al donker wordt, als de wachter in de schaduw getreden is.

---

§ 283.

HOEGROOTHEID DER ZWAARTEKRACHT OP JUPITER.

DE HEER. Nog ééne zaak moet ik met u behandelen, vóór ik over eene andere planeet met u ga spreken. Gij herinnert u, dat ik u, toen wij over de zon spraken, ook heb doen opmerken, hoe groot de zwaartekracht op hare oppervlakte was. Ook op Jupiter is de zwaarte grooter dan op de aarde, maar niet in die mate als het geval zou zijn indien Jupiter uit eene stof bestond, even zwaar als die, waaruit de aarde bestaat.

Laat ons nu eens zien of wij kunnen uitrekenen, hoeveel maal de zwaarte op Jupiter sterker is dan bij ons. De straal van Jupiter's evennachtslijn is 11,06 maal grooter dan die van de aarde, daarom zou de aantrekking, als de massa van Jupiter dezelfde was als van de aarde, 11,06 $\times$ 11,06 d. i. 122 maal geringer zijn dan op de aarde, eveneens op de evennachtslijn. Maar de massa van Jupiter in 305 maal grooter dan die der aarde, daardoor is de aantrekking, zonder op de wenteling om de as te letten,

$$\frac{305}{122} \text{ of } 2\tfrac{1}{2}$$

maal grooter dan op de aarde.

De wenteling nu om de as geschiedt bij Jupiter $2\frac{1}{2}$ maal sneller dan bij de aarde; daarenboven is de straal 11,06 maal grooter; om beide redenen is de middelpuntvliedende kracht er grooter. Is de straal 11 maal grooter, dan is bij gelijke snelheid van omdraaiing ook de middelpuntvliedende kracht 11 maal grooter, zooals licht is aan te wijzen. Is bij denzelfden straal de snelheid $2\frac{1}{2}$ maal grooter, dan is de middelpuntvlie-

dende kracht $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$, d. i. $6\frac{1}{4}$ maal grooter. Is nu zoowel de straal 11,06 maal als de omwentelingssnelheid $2\frac{1}{2}$ maal grooter, dan is de middelpuntvliedende kracht grooter in reden van

$$11{,}06 \times 6\tfrac{1}{4}, \text{ d. i. } 69 \text{ maal.}$$

Nu is op de aarde de middelpuntvliedende kracht aan de evennachtslijn slechts gering, namelijk $\frac{1}{289}$ van de aantrekkingskracht, maar vermenigvuldigt men die breuk met 69 dan verkrijgt men

$$\tfrac{69}{289}, \text{ d. i. omtrent } \tfrac{1}{4}.$$

De aantrekkingskracht, die, zonder de wenteling in aanmerking te nemen, $2\frac{1}{2}$ maal sterker was dan die op de aarde, wordt dus nu slechts $2\frac{1}{4}$ maal sterker. Maar dit geldt voor de evennachtslijn van Jupiter. Aan zijne polen bestaat ten eerste geene middelpuntvliedende kracht; die vermindering met $\frac{1}{4}$ behoeft dus niet plaats te hebben; daarenboven is de aantrekking aan de polen toch sterker dan aan de evennachtslijn, zoodat zij daar nog iets meer dan $2\frac{1}{2}$ maal de aantrekking op de aarde bedraagt.

Laat ons nu maar in ronde getallen aannemen, dat de zwaartekracht op Jupiter $2\frac{1}{2}$ maal sterker is dan op de aarde. Wat zijn nu de gevolgen daarvan? In de eerste plaats, dat iemand die hier 100 kilogram kan oplichten, op Jupiter verplaatst, slechts 40 kilogram zou kunnen tillen.

Weegschalen en gewichten zou men op Jupiter even goed kunnen gebruiken als hier. Een kilogram koffie zal op de weegschaal ook op Jupiter een kilogram wegen. Maar een brievenweger of weegmachine, die met eene veer werkt, (zie bijv. 1e stukje, fig. 16) kan op Jupiter overgebracht niet even goed dienst doen. Een brief, die hier 15 gram weegt, is werkelijk op Jupiter zwaarder, d. i. drukt de veer sterker naar beneden dan hier, en de wijzer komt op $15 \times 2\frac{1}{2}$ d. i. op $37\frac{1}{2}$.

Een magneet, fig. 502, die hier behalve zijn sluitstukje of

zoogenaamd anker hoogstens een kilogram dragen kan, kan het op Jupiter niet, want dat kilogram is op Jupiter 2½ maal zwaarder dan hier.

Fig. 502.



Een locomotief die op een spoorweg hier op de aarde, hoogstens 30 wagens trekken kan, kan, op dezelfde spoorstaven op Jupiter overgebracht, er slechts 12 trekken, want die 12 drukken op de spoorstaven met hetzelfde gewicht als hier 30, en de kracht die de wrijving overwinnen moet, namelijk de spankracht van den ontwikkelden stoom, blijft hetzelfde.

Daarentegen zou een heiblok nog niet half zoo zwaar behoeven te zijn als op de aarde, om dezelfde palen in even weeken grond te heien.

Dezelfde hoeveelheid water, die op dezelfde manier een watermolen in beweging brengt, zal 2½ maal meer kracht kunnen uitwerken.

Stel eens dat iemand naar Jupiter kon verhuizen, en dat hij meenam een horloge en eene pendule. Wat zoudt gij nu wel denken dat gebeuren zou? Zouden beide uurwerken even goed blijven loopen?

ABDULLAH. Wel mijnheer, ik geloof wel, dat de pendule sneller zou loopen, want u hebt mij immers vroeger gezegd, dat hoe sterker de aantrekkingskracht is, hoe schielijker een slinger slingert, (1e stukje § 5). Maar hoe het horloge loopen zou, dat weet ik niet.

---

§ 284.

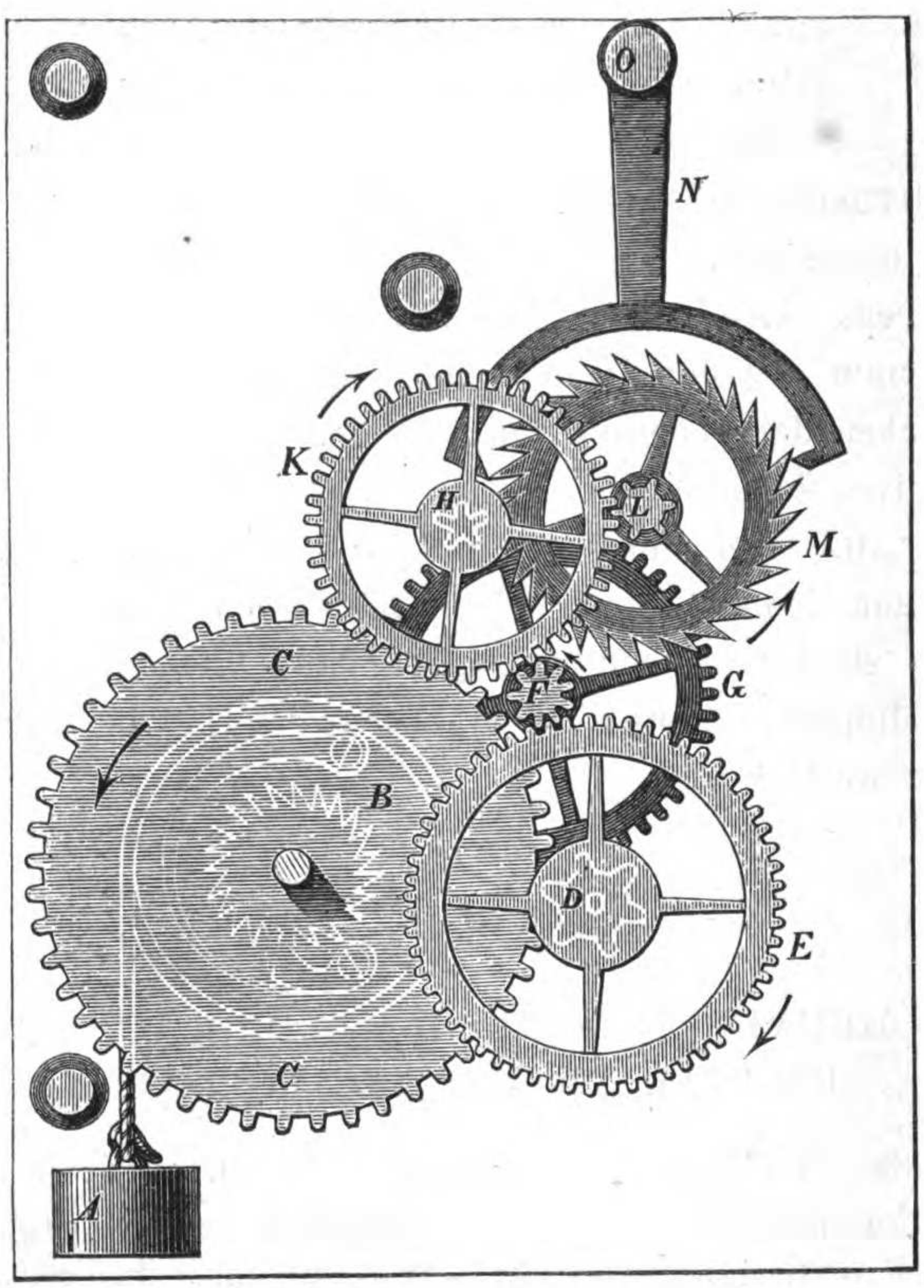
BESCHRIJVING VAN HET INWENDIGE VAN EENE PENDULE EN VAN EEN HORLOGE.

DE HEER. Wel dat zal ik u eens vertellen. Laat ik u eerst eens nader uitleggen, hoe eene pendule is samengesteld. Gij herinnert u immers, dat ik u verteld heb, dat Christiaan Huygens de slingeruurwerken heeft uitgevonden. Welnu, bij

de samenstelling dier uurwerken moeten drie zaken onderscheiden worden. Ten eerste de inrichting, waardoor de regelmatige slingeringen van den slinger overgebracht worden op één der raderen. Ten tweede de inrichting, waardoor de beweging van dit rad overgebracht wordt op de wijzers. Ten derde de inrichting, waardoor het uurwerk aan den gang gehouden wordt.

Die eerste inrichting is eigenlijk de uitvinding, waardoor Huygens zich zoo beroemd gemaakt heeft. Want vóór zijn tijd waren er wel uurwerken, maar die waren niet van slingers voorzien.

Fig. 503.



Uit de beide figuren 503 en 504 zult gij nu kunnen zien,

hoe zoo een slinger het uurwerk regelmatig doet loopen. Zooals gij ziet is hier een gewicht *A*, hangende aan een koord, dat om den *trommel B* opgewonden wordt; men vindt dit in de groote staande klokken, die gij in sommige huizen wel eens vindt; men noemt ze wel eens Friesche klokken, omdat zij in Friesland veel gemaakt werden. Dat gewicht *A* wil nu door zijne zwaarte het rad *C* doen omdraaien in de richting van het bijgeschreven pijltje. Maar dat rad *C* grijpt in het kleine rad of zoogenaamd rondsel *D*, dat alleen in fig. 503 zichtbaar is en waarvan de as ook het grootere rad *E* draagt. Dit moet nu even snel gaan als het rondsel *D*, maar het rondsel *D* gaat veel schielijker dan het rad *C*, omdat het slechts 6 tanden heeft, en het rad *C* een groot aantal.

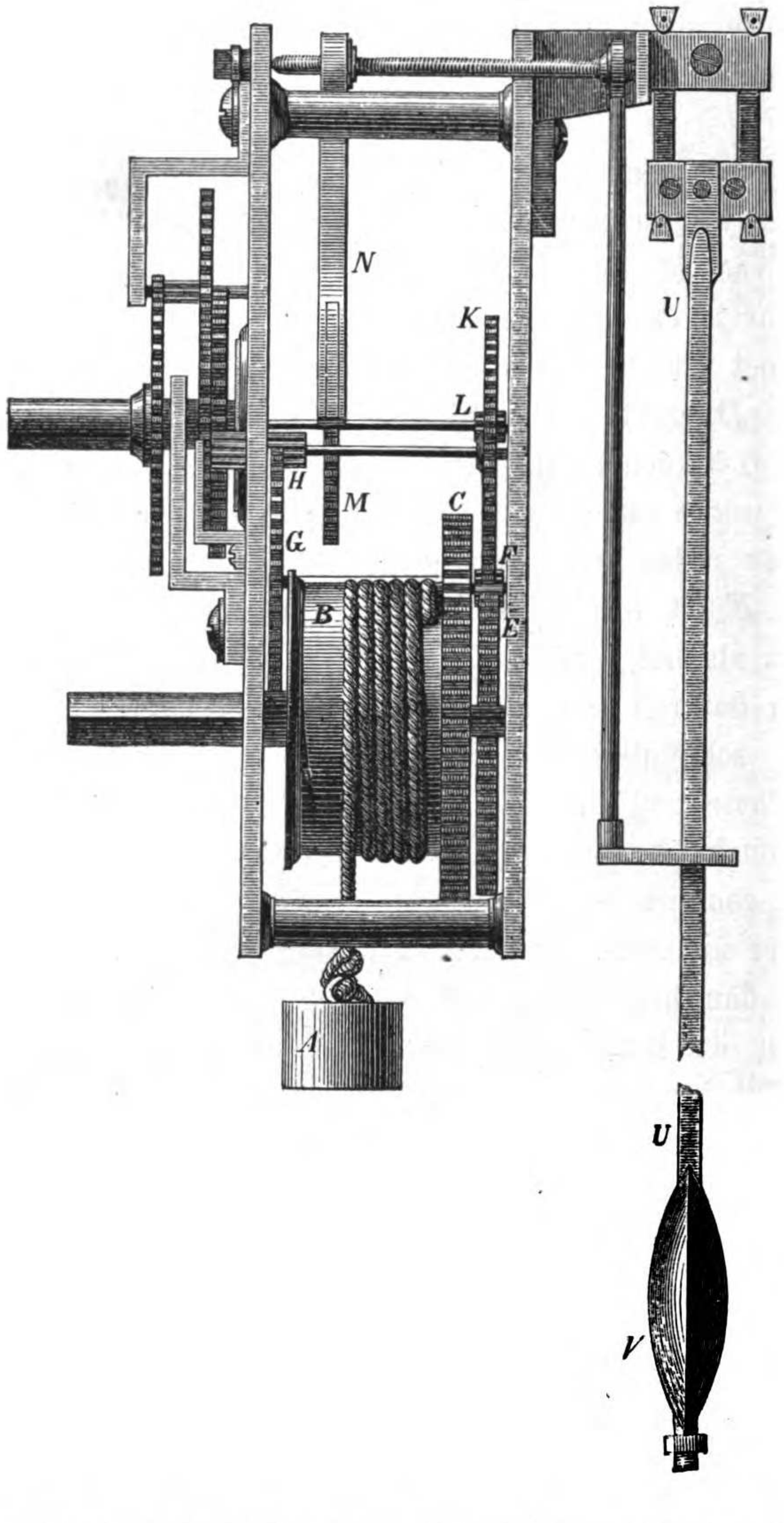
Dat groote rad *E* grijpt nu weer in het rondsel *F*, dat om diezelfde reden weer veel schielijker zal draaien; op dezelfde as als *F* zit het groote rad *G*, dat even schielijk moet omdraaien als het rondsel *F*.

Maar dat rad *G* grijpt weer in het rondsel *H*, dat dus weer zooveel schielijker zal omdraaien. Het sleept op dezelfde as het groote rad *K* mede, dat grijpt in het rondsel *L* en dit heeft eindelijk op dezelfde as het rad *M* dat met scherpe tanden voorzien is.

Als er nu niets was, wat den gang van al die raderen weerhield, dan begrijpt gij wel dat het gewicht *A* eenvoudig zou afloopen en het rad *M* met groote snelheid zou ronddraaien. Maar dat kan nu niet gebeuren, doordien het *anker N* telkens, bij elke slingering van den slinger, met een zijner beide haken in een tand van het rad *M* grijpt; de eene keer grijpt de rechtsche haak, de andere keer de linksche haak; en dit gaat zoo beurtelings. In die Friesche klokken is de slinger zóó lang, dat hij ééne sekonde voor elke slingering noodig heeft, het rad *M* wordt dus gedwongen, elke sekonde slechts één oogenblikje te draaien, en dadelijk wordt het dan tegengehouden door een der haken van *N*. De inrichting is zoodanig dat als èn de rechtsche èn de linksche haak op het rad

M hebben gestooten, er dan ééne tand geheel voorbijgegaan

Fig. 504.



is. In zulk een uurwerk zijn er 30 tanden aan dat rad, zoo-

dat het in 60 sekonden eens rond gaat. Als men dus op de as van dat rad een wijzer buiten op de plaat aanbrengt, dan gaat die wijzer eens in de minuut rond, het is dus een sekondewijzer.

De raderen, die gij aan de linkerhand van fig. 504 ziet, dienen alleen, om die schielijke beweging verlangzaamd over te brengen op andere raderen en op die wijze eene spil te krijgen, die eens in het uur ronddraait, deze dient dan voor den minuutwijzer, en nog eene spil, die eens in de 12 uur ronddraait, die dient dan voor den uurwijzer. Wil men den uur- en den minuutwijzer op hetzelfde middelpunt laten bewegen, zooals dat op de meeste uurwerken het geval is, dan zit er slechts een der twee op eene spil; de andere zit op een koker, die de spil omvat zonder haar te raken; zoo is het ook in de figuur te zien.

Gedurende een groot gedeelte van elke sekunde is nu het rad *M* stil, doordien het tegengehouden wordt door een der beide haken van het anker. Alleen een klein oogenblikje, als de slinger midden in zijne slingering is, is het vrij, en gaat dan eene halve tand vooruit, dan is het aan die haken van het anker *ontsnapt*; met een Fransch woord noemt men ontsnappen ook wel *echappeeren*; vandaar dus de benaming van *echappement* voor de wijze, waarop die haken hunne taak vervullen, en de naam van *echappementsrad*, die aan het rad *M* gegeven wordt.

Wanneer gij nu begint met het echappementsrad *M*, en dan nagaat hoeveel langzamer eerst *K*, dan *G*, dan *E* en dan *C* omdraaien, dan blijkt het, dat *C* meer dan een dag behoeft om eens rond te komen *), en dat er dus, zooals gij in

---

*) In de figuur heeft het rondsel *L* 6 tanden, het rad *K* 45, dus loopt *K* $7\frac{1}{2}$ maal langzamer dan *N*. Het rondsel *H* heeft 5 tanden, en het rad *G* 48 tanden, dus loopt *G* $9\frac{3}{5}$ maal langzamer dan *H*. Het rondsel *F* heeft 8 tanden, het rad *E* 60, dus loopt het rad *E* $7\frac{1}{2}$ maal langzamer dan *F*. Het rondsel *D* heeft 6 tanden, het rad *C* 48, dus loopt *C* 8 maal langzamer dan *D*; *C* is vast aan den trommel, waarom de koord gewonden is; deze trommel draait dus $8 \times 7\frac{1}{2} \times 9\frac{3}{5} \times 7\frac{1}{2}$, d. i. 3840 maal langzamer om dan het echappementsrad *M*. Dit laatste doet ééne

fig. 504 ziet, slechts eenige slagen van het koord om den trommel behoeven te wezen, om de klok eene geheele week te doen gaan.

ABDULLAH. Maar mijnheer, in eene gewone pendule is toch geen gewicht, zooals in deze teekening geteekend is.

DE HEER. Neen, dat is ook zoo. In de gewone pendule is, evenals in de gewone horloges, geen gewicht, maar eene veer, die men met den sleutel opwindt. Zie hier hoe dat toegaat. Zulk eene horlogeveer is een reep zeer hard staal, die in eene spiraal gebogen is, zoodat zij de gedaante heeft van fig. 505; stel nu dat het buitenste einde, waar gij dat vierkante gat ziet, ergens aan vast gemaakt is, en dat het binnenste uiteinde aan eene as is vastgemaakt, die men eenige malen omdraait, dan wordt die veer om die as opgewonden, zoodat er er eenige windingen dicht op elkaar in het midden zitten, evenals fig. 506 aanwijst. Laat men nu den sleutel los, waarmede men die veer heeft opgewonden, dan zal die veer zich weder in zijn vorigen toestand willen herstellen,

Fig. 505.

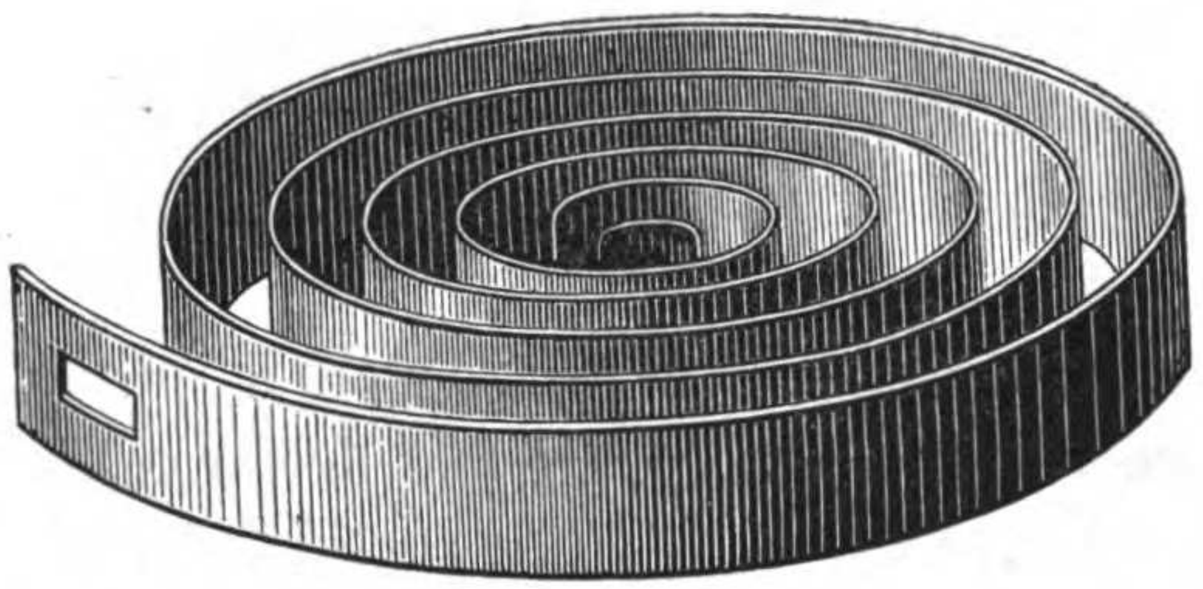
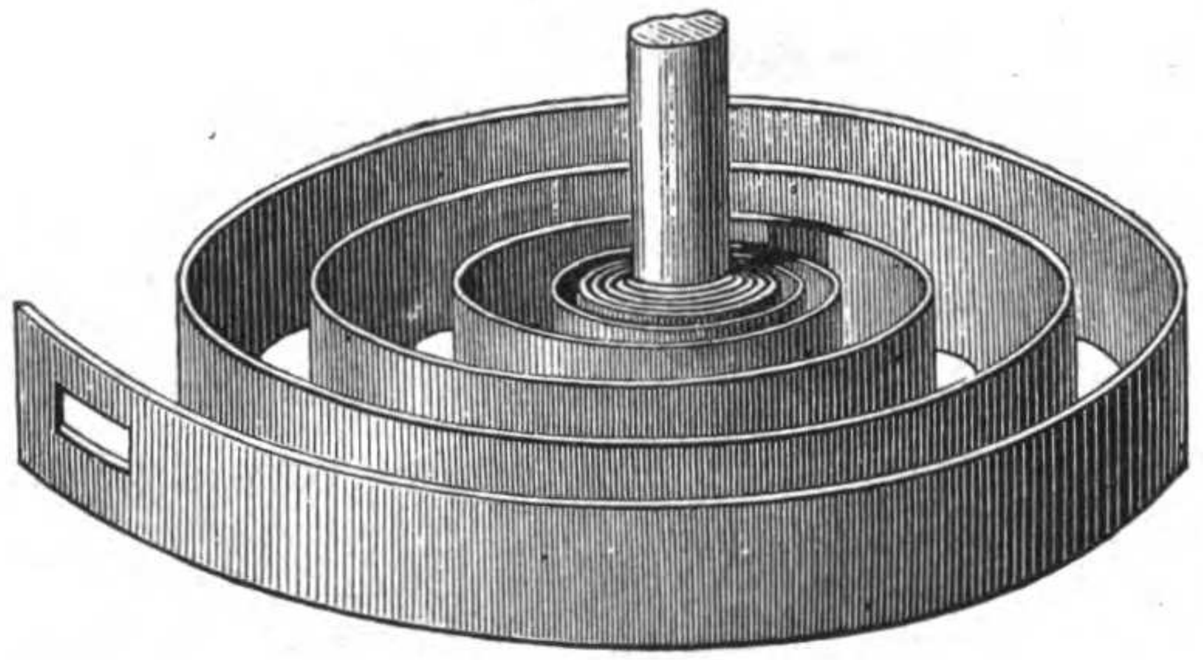


Fig. 506.



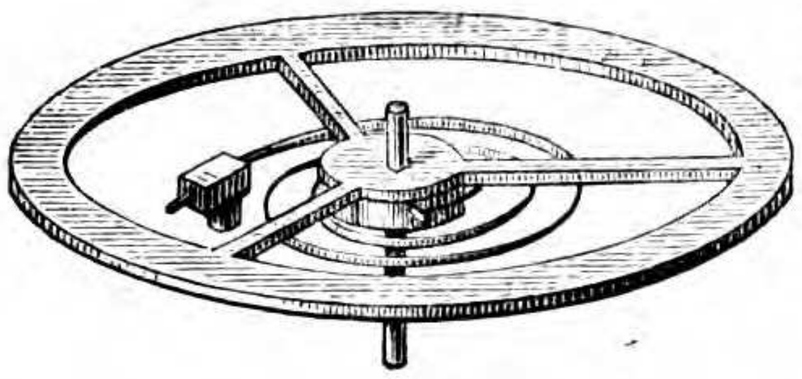
---

omwenteling in ééne minuut, dus de trommel in $\frac{3840}{1440} = 2\frac{2}{3}$ dag. Zijn er dus 6 windingen van de koord om den trommel, dan kan de klok $6 \times 2\frac{2}{3}$, d. i. 16 dagen loopen.

daardoor zal zij trachten de as, waaraan zij vast zit, terug te draaien. Maar nu is er in de pendules en de horloges eene inrichting, waardoor die as niet terug kan draaien; de geheele veer is namelijk in een metalen doosje besloten, en het buitenste uiteinde is aan den rand van dat doosje bevestigd, zoodat de veer, als zij zich wil ontspannen, dan natuurlijk het geheele doosje doet draaien op dezelfde wijze, als in de figuren 503 en 504 het gewicht den trommel *B* omdraait.

Zoowel in de pendules als in de klokken ziet gij nu een slinger, maar in een horloge is die niet te vinden. Toch is er eene inrichting in, om hetzelfde te bewerken als de slinger, namelijk de *spiraal* en de *onrust*, zie fig. 507. Hier is ook eene stalen veer, die in eene spiraal gewonden is, maar zij is veel dunner en zwakker dan de veer, waarvan wij zooeven gesproken hebben. Aan haar buitenste uiteinde steekt zij in een vierkant stukje koper, dat op de plaat van het horloge vastgemaakt is, aan haar binnenste uiteinde is zij vastgemaakt aan eene as, die aan drie armen een ring draagt, die niets anders doet dan door zijne zwaarte de beweging van die spiraalveer langzamer maken.

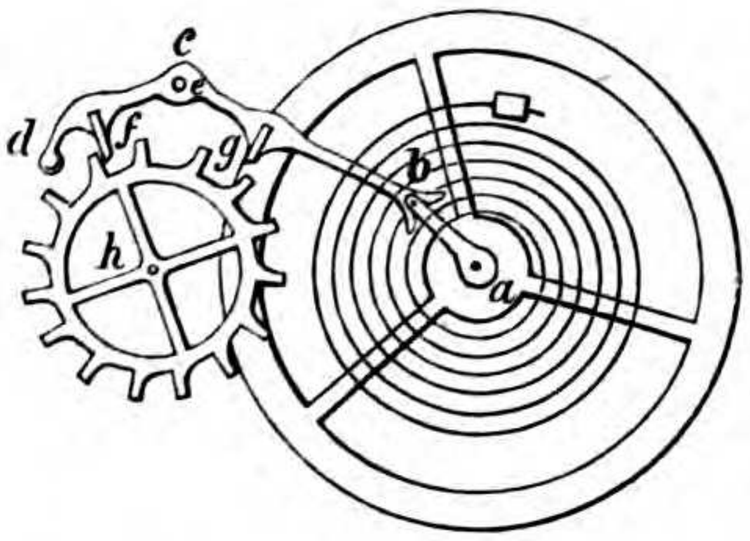
Fig. 507.



Als gij nu van een horloge het achterdeksel opent, en het werk van achteren beziet, dan zult gij bemerken dat die spiraal zich onophoudelijk inkrimpt en uitzet, en dat dan tegelijkertijd de drie spaken, die de onrust vasthouden, heen en weder slingeren. Dit is natuurlijk een bewijs dat ook de as, waarom die onrust draait, heen en wedert slingert; door die heen en weder slingerende as wordt nu, evenals in de pendule, aan een rad eene draaiende beweging medegedeeld, maar de wijze, waarop dat geschiedt, is niet bij alle horloges hetzelfde. Daarvandaan heeft men bijv. de onderscheiding in cilinder-horloges en anker-horloges. Daar zoowel anker- als cilinder-horloges voorkomen, zal ik u daarvan nu de inrichting uitleggen.

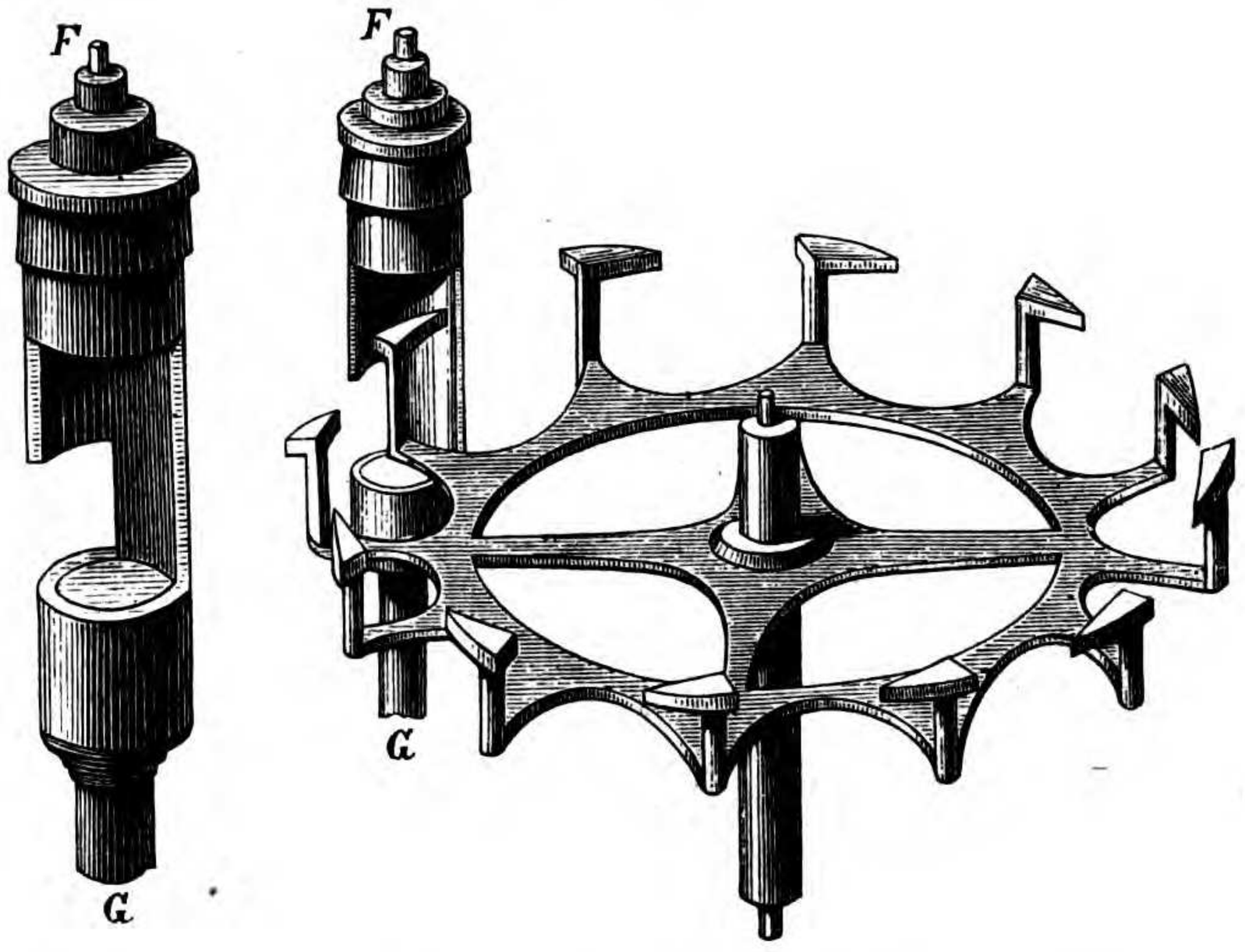
Aan die as *a*, waar de spiraal om slingert, zie fig. 508, is bij een anker-horloge een armpje *a b* bevestigd, dat in *b* eene vork heeft; daarin wordt eene pen gevat, die het ankertje *b g c d* medesleept; als de spiraal nu heen en weer slingert, wordt de as *a* een weinig heen en weer gedraaid, evenzoo de arm *a b*; daardoor ook het anker *b d*, dat om de as *e* draait en dat met twee tandjes van robijn, *f* en *g*, evenzoo in het echappementsrad *h* grijpt, als bij de pendules te zien is. Verder wordt, evenals bij de pendules, de beweging overgebracht op een rad; maar niet ditzelfde, eerst het volgende draait in juist ééne minuut om, zoodat de as ervan een sekundewijzer dragen kan.

Fig. 508.



De inrichting van een cilinder-horloge is eenigszins afwijkend. De as, *F G*, waarop de onrust vastzit, is in deze horloges

Fig. 509.



niet geheel massief, maar bestaat, (zie fig. 509) over eene

zekere lengte, alleen uit een buisje, waarvan gedeeltelijk de helft, gedeeltelijk drie-kwart is weggenomen.

Dit halve buisje speelt de hoofdrol; in fig. 509 ziet gij hoe het een tand van het echappementsrad opvangt, en nog duidelijker zal het u worden uit fig. 510 en 511. Het halve buisje komt beurtelings in den stand van fig. 510 en 511; is het in den stand van fig. 510, dan houdt de buitenzijde den tand *C* tegen. Nu draait het buisje om zijne as in de richting van het pijltje en nauwelijks is de hoek *D* den tand *C* voorbij of deze snelt voorwaarts doch stuit onmiddellijk, zooals fig. 511 voorstelt, tegen den binnenkant van het buisje. Een oogenblik later, als het buisje een weinig in de richting van het pijltje in fig. 511 omgedraaid is, schiet de tand van het echappementsrad voorbij het uiteinde *E*, en dan komt de volgende tand weer tegen den buitenkant van het buisje, evenals in fig. 510. Elke slingering heen en weer van het buisje geeft dus een verspringen van één tand van het rad. Gij ziet dus dat het beginsel in beide horloges hetzelfde is, het wordt alleen maar anders uit-

Fig. 510.

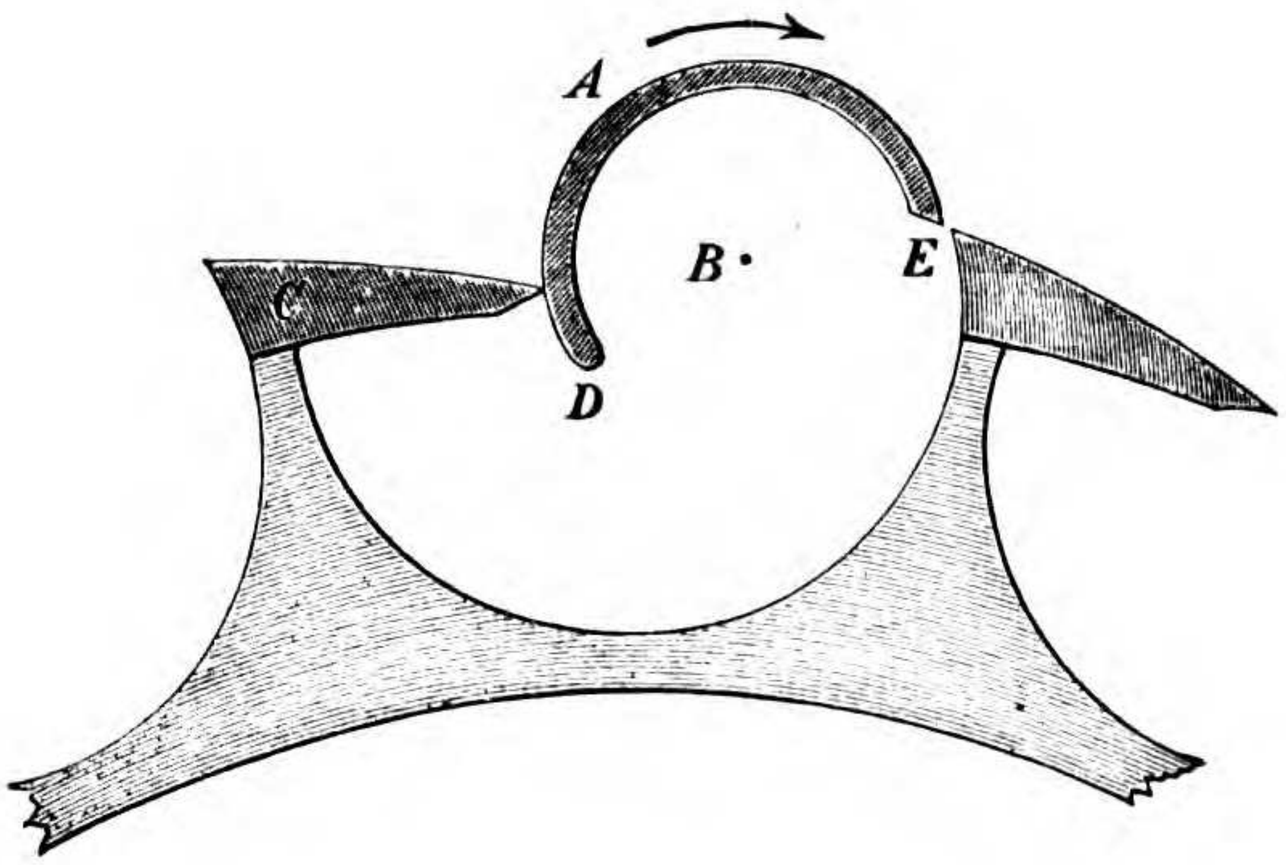
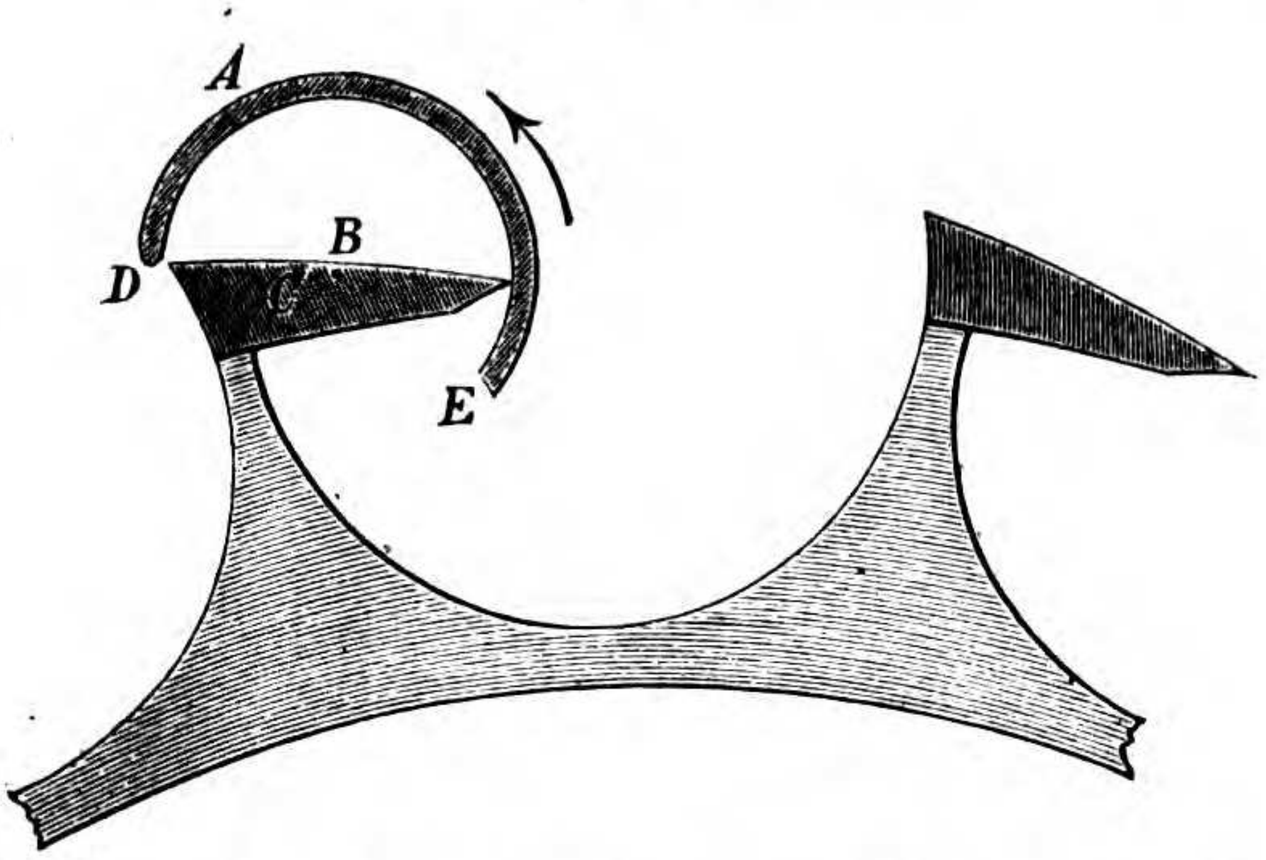


Fig. 511.



gevoerd; het doel is om te zorgen dat bij elke slingering van de onrust, (of in de pendules van den slinger,) één tand van het echappementsrad voortgaat. Het verdere *werk*, (zooals men dat noemt,) dat dient om den grooten of minuutwijzer en den kleinen of uurwijzer in den juisten tijd te doen omloopen, is in alle uurwerken nagenoeg hetzelfde.

Laat ons nu eens het volgende schema opzetten:

	Friesche klok	Pendule.	Horloge.
Slingerend gedeelte.	Slinger	Slinger.	Spiraalveer.
Kracht, die dit gedeelte doet slingeren.	De zwaartekracht.	De zwaartekracht.	De veerkracht.
Inrichting, waardoor de slingerende beweging op een rad wordt overgebracht.	Anker.	Anker.	Anker of cilinder.
Inrichting, waardoor de beweging van dit rad overgebracht wordt op de wijzers.	In allen nagenoeg gelijk, namelijk door raderen.		
Inrichting, waardoor het uurwerk aan den gang gehouden wordt.	Gewicht.	Veer.	Veer.

Als ik nu eens vooronderstel dat een reiziger naar de planeet Jupiter eene Friesche klok, eene pendule en een horloge meenam, wat zou er dan, als hij daar aangekomen was, met die uurwerken gebeuren?

Antwoord: Het horloge zou even goed blijven loopen, er zou niets aan te veranderen zijn; de Friesche klok en de pendule daarentegen, zouden veel te schielijk gaan; doordien de zwaar-

tekracht op Jupiter $2\frac{1}{2}$ maal sterker is dan op de aarde, zou de slinger er 1,58 maal minder tijd noodig hebben om zijne slingeringen te volbrengen, in 38 minuten zouden de wijzers een uur zijn afgeloopen. Om dien toestand te verbeteren, zou er niets anders op zitten, dan de slingers $2\frac{1}{2}$ maal langer te maken, dan zouden zij weder even schielijk slingeren als hier op de aarde.

Maar nu het gewicht. Dit dient bij de Friesche klokken alleen om het uurwerk aan den gang te houden. Neemt men het gewicht in zoo een klok af, of licht men het zelfs maar even op, dan staat de klok dadelijk stil; de slinger zou wel een geruimen tijd kunnen doorslingeren, indien hij alleen was, maar de talrijke raderen van het uurwerk draaien alle om assen, die aan beide zijden in gaten loopen, die wel is waar van fijne olie voorzien moeten zijn, maar die daarbij toch altijd wrijving veroorzaken; hetzelfde gebeurt bij de aanraking van de tanden van het eene rad met die van het volgende. Om nu het uurwerk toch te doen voortgaan, moet er eene geringe kracht zijn, die voortdurend de raderen in dezelfde richting voortduwt, en daarvoor dient in de klok het gewicht en in de pendule en in het horloge de veer. Maar nu is het wenschelijk, dat dit gewicht niet sterker is dan juist noodig is om die wrijving te overwinnen; want anders komt het echappementsrad met te veel kracht tegen de haken van het anker, en beide zouden uitslijten, waardoor het uurwerk zou bederven, en bovendien onregelmatig loopen. Op de planeet Jupiter aangeland, zou dus onze reiziger van zijne klok het gewicht tot op $\frac{2}{5}$ van het vorige bedrag moeten verminderen; omdat daar dan de zwaartekracht $2\frac{1}{2}$ maal grooter is dan hier, zou dat kleinere, gemeten niet met eene weegschaal, maar bijv. op de hand, even zwaar zijn als hier het grootere.

De veerkracht der veeren verandert natuurlijk niet met dien overgang, want die is geheel en al van de zwaartekracht onafhankelijk. In het horloge vindt gij in plaats van den slinger eene veer, en in plaats van het gewicht ook eene veer; daaruit

blijkt dus dat het horloge goed zou blijven gaan. Hetzelfde is van toepassing als iemand uit Nederland naar Java eene pendule en een horloge medebrengt. Als de pendule in Nederland goed geregeld is, zal hij te Batavia 17 minuten per week achterloopen, terwijl het horloge wellicht alleen voor de warmte een weinig gevoelig is; zoodat als het in Nederland in den zomer geregeld is, het in Indië ook wel goed zal loopen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, ik kan maar niet begrijpen dat die uurwerken zoo gelijk loopen; als ik er op let hoe u mij uitlegdet, dat een anker- en een cilinderhorloge zijn ingericht, dan vind ik het toch vreemd dat die spiraal den eenen dag even hard slingert als den anderen dag.

DE HEER. Dat is juist de schoone uitvinding van Huygens. Ik heb u vroeger al medegedeeld, dat Galilei reeds gevonden had, dat groote en kleine slingeringen even schielijk door een slinger werden volbracht; daarop steunde de uitvinding van Huygens om het echappementsrad door een anker te laten aangrijpen, en dat anker door een *slinger* te laten heen en weer gaan.

Maar toen hij nu verder over de verbetering der horloges nadacht, die wel al lang bestonden, maar op eene andere wijze ingericht, en die zeer slecht liepen, toen vond hij ook de *onrust* of *spiraal* uit, en het is geen overdrijving als men zegt, dat die uitvinding nog van meer beteekenis is, dan die van de toepassing van den slinger. Want Huygens moest zich eerst hiervan overtuigen, dat kleine en groote slingeringen van eene spiraalveer juist even veel tijd kosten; dit is zijne ontdekking, en de toepassing op de horloges is zijne uitvinding.

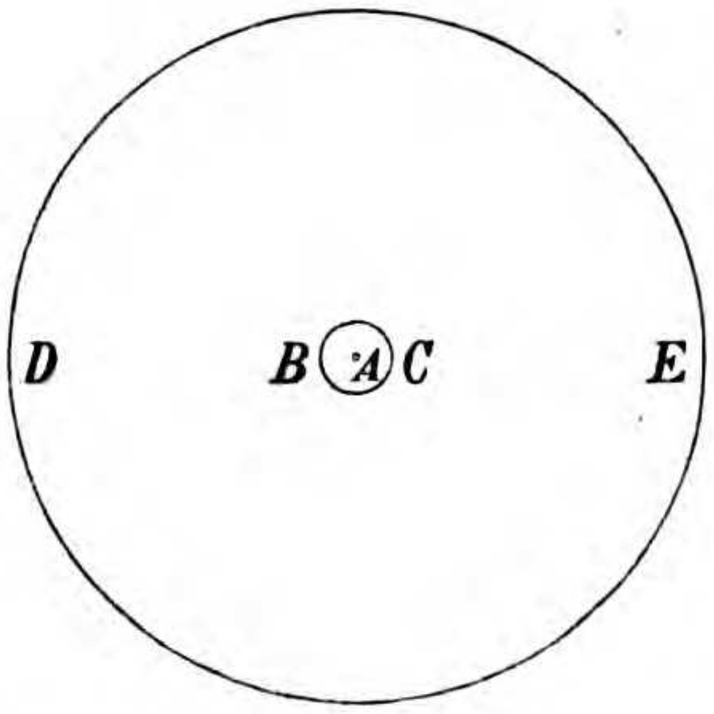
§ 285.

DE PLANEET SATURNUS. ZIJ HEEFT VERSCHILLENDE HELDERHEID, NAARMATE ZIJ IN HET EENE OF ANDERE GEDEELTE HARER LOOPBAAN IS, ZONDER DAT DIT DOOR DEN ELLIPTISCHEN VORM HARER LOOPBAAN VERKLAARD KAN WORDEN.

DE HEER. Wij komen nu, Abdullah, tot de laatste der groote planeten. Gij herinnert u, dat ik u dikwijls gesproken heb van vijf groote planeten, die zoo helder van licht zijn, dat niemand, die den sterrenhemel met een weinigje aandacht beschouwt, ze over het hoofd kan zien. Van die vijf heb ik er reeds vier met u besproken, Mercurius, Venus, Mars en Jupiter; de laatste wordt Saturnus genaamd. Deze naam is weder die van een der goden, die de Grieken en Romeinen vereerden, namelijk den god van den tijd.

Deze planeet loopt in nog langer tijd om de zon, dan Jupiter, namelijk in 10759,22 dagen of anders gezegd in 29 jaren en en 167 dagen. Zijn middelbare afstand van de zon is 9,5 maal die der aarde; in fig. 512 stelt *A* de zon, *B C* de loopbaan der aarde, *D E* die van Saturnus voor; de aarde staat dus, betrekkelijk dicht bij het midden van de loopbaan van Saturnus en het is daarom ook, dat uit de aarde, oppervlakkig gezien, Saturnus ons toeschijnt in den tijd van omtrent 29½ jaar den geheelen omtrek van den hemel, om de aarde als middelpunt, te doorloopen. Geen wonder dat verschillende volken hem ook een naam hebben gegeven, waardoor die langzame beweging werd aangeduid, de Hindoes noemden hem den „langzaam zwervenden," de Chineezen de „eeuwige planeet."

Fig. 512.



Bij nauwkeurige beschouwing echter van den loop van Saturnus blijkt het, dat hij, evenals Mars en Jupiter, alle jaar

gedurende een geruimen tijd (3½ maand) een teruggang heeft, en zooals gij nu zelf wel kunt begrijpen, gebeurt dit telkens omtrent den tijd, dat hij in oppositie is. In fig. 476 ziet gij den loop afgebeeld, dien hij in de jaren 1881 tot 1885 aan den hemel gehad heeft; gij ziet hier weer dezelfde kringen of lussen, als wij bij Mars en Jupiter hebben opgemerkt; de verklaring hiervan is dezelfde, die wij reeds besproken hebben; de kleine streepjes, midden in elke lus, duiden de punten aan, waar de planeet in hare oppositie was.

Evenals Jupiter door zijn helder wit licht, is Saturnus door zijn mat en stil wit licht te onderscheiden; heeft men hem eens goed gezien, dan kan men hem later licht onderkennen, en behoeft men hem niet met een der andere planeten te verwarren. Toch zal men, als men jaren lang Saturnus beschouwt, kunnen opmerken dat hij niet altijd even helder schijnt. Bevindt hij zich in het sterrebeeld de Stier of daar vlak tegenover in het sterrebeeld de Schorpioen, dan schittert hij het meest, hoewel zijn licht dan toch, zooals opzettelijke metingen geleerd hebben, nog altijd 10 maal minder is dan dat van Jupiter. Bevindt hij zich daarentegen in den Leeuw of daar juist tegenover in den Waterman, dan is zijn licht veel zwakker, het bedraagt dan omtrent 26 maal minder dan dat van Jupiter. In de tusschenliggende sterrebeelden bestaan er natuurlijk overgangen, zoodat de helderheid van Saturnus afneemt in de zeven jaren die hij besteedt om zich van den Stier door de Tweelingen en de Kreeft naar den Leeuw te begeven, weer toeneemt, in de volgende zeven jaren, die hij noodig heeft om van den Leeuw, door de Maagd en de Weegschaal, naar de Schorpioen te komen, enz. Al is Saturnus nu op zijn zwakst, dan is zijn licht nog gelijk aan dat van eene heldere ster der eerste grootte, maar hij is van die sterren dadelijk te onderscheiden, doordien hij geene flikkeringen vertoont, evenals de sterren. Ik heb u reeds vroeger uitgelegd, waaraan dit onderscheid is toe te schrijven.

§ 286.

VERKLARING HIERVAN. SATURNUS WORDT OMGEVEN DOOR EEN RING.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe komt het dan, dat die Saturnus zoo van helderheid verandert?

DE HEER. De reden hiervan laat zich met het bloote oog niet vinden. Indien Saturnus, als hij zich in den Stier bevindt, het helderst, en als hij zich daartegenover in den Schorpioen bevindt, het zwakst zich vertoonde, dan zou men geneigd zijn te denken dat dat verschil eenvoudig daarvan kwam, dat hij in den Stier zijnde, zijn dichtste en in den Schorpioen zijn verste punt van zijn loopbaan bereikte, en toevalliger wijze is dit ook het geval; maar daar hij nu, in den Schorpioen staande op weinig na even helder is, als wanneer hij in den Stier zich bevindt, zoo gaat die verklaring niet op, en moet de reden ergens anders gezocht worden.

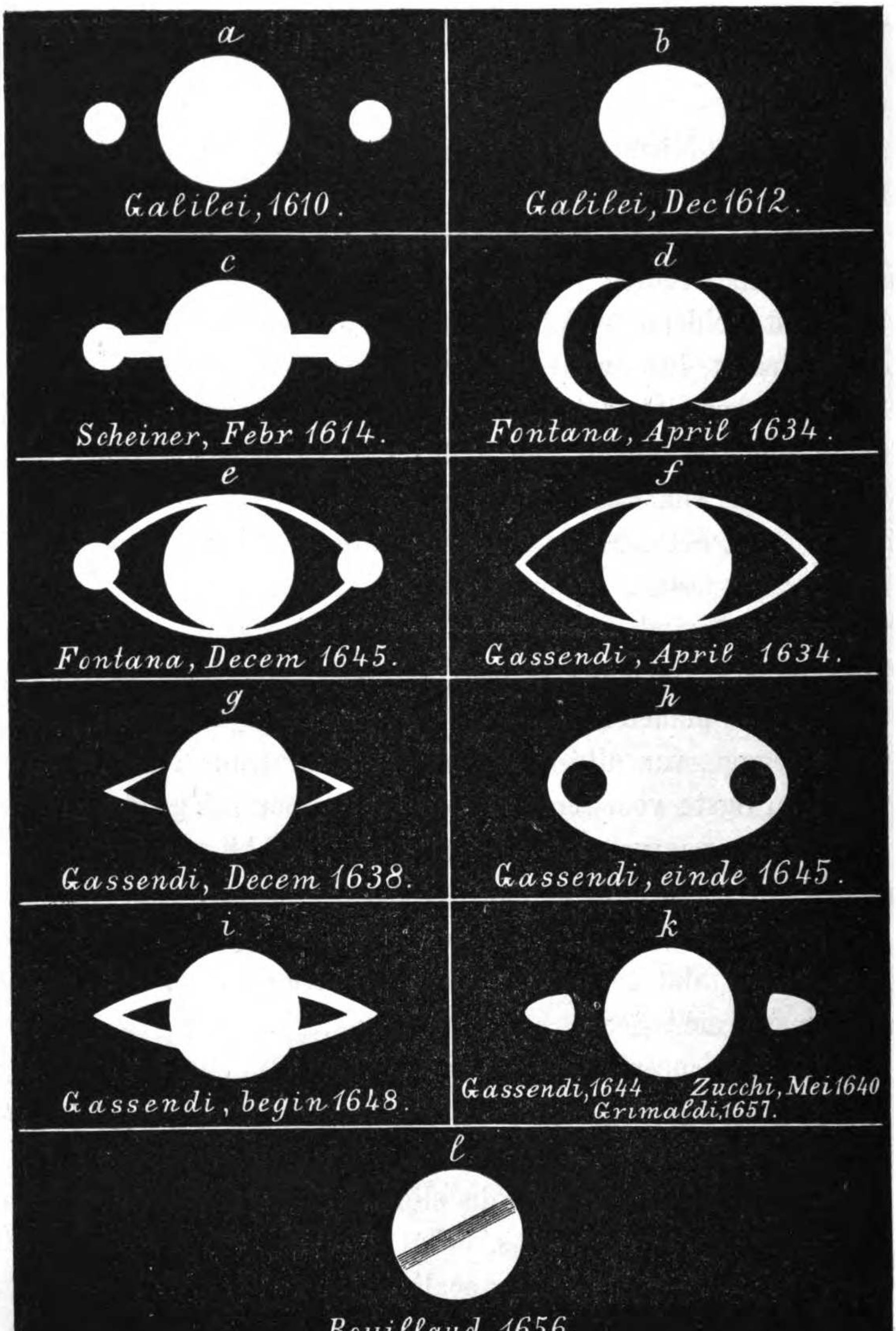
Van alle planeten van ons zonnestelsel, ja ik zou haast willen zeggen, van alle hemellichten, is Saturnus misschien het merkwaardigste voorwerp. Hij vertoont, door een goeden kijker gezien, iets, waarvan noch bij Jupiter, noch bij een der andere planeten, een spoor te vinden is.

Het is merkwaardig hoe, na de uitvinding der kijkers, Saturnus door dat zonderlinge voorkomen de sterrekundigen in de war gebracht heeft.

Ik heb u meermalen verhaald, dat Galilei de eerste was, die met een kijker de hemellichamen beschouwde, en toen, in 1609 en 1610, zooveel merkwaardigs vond. Hij richtte zijn kijker ook op Saturnus, en dadelijk zag hij, dat er iets vreemds aan Saturnus te zien was. Had Galilei toen een kijker te zijner beschikking gehad, zooals zij tegenwoordig bestaan, dan ware het voor hem geene moeite geweest, om beter te onderscheiden, wat dat vreemde eigenlijk was; maar zijn kijker was klein, en vergrootte niet veel; hij was niet sa-

mengesteld zooals de tegenwoordige kijkers, met een voor-

Fig. 513.



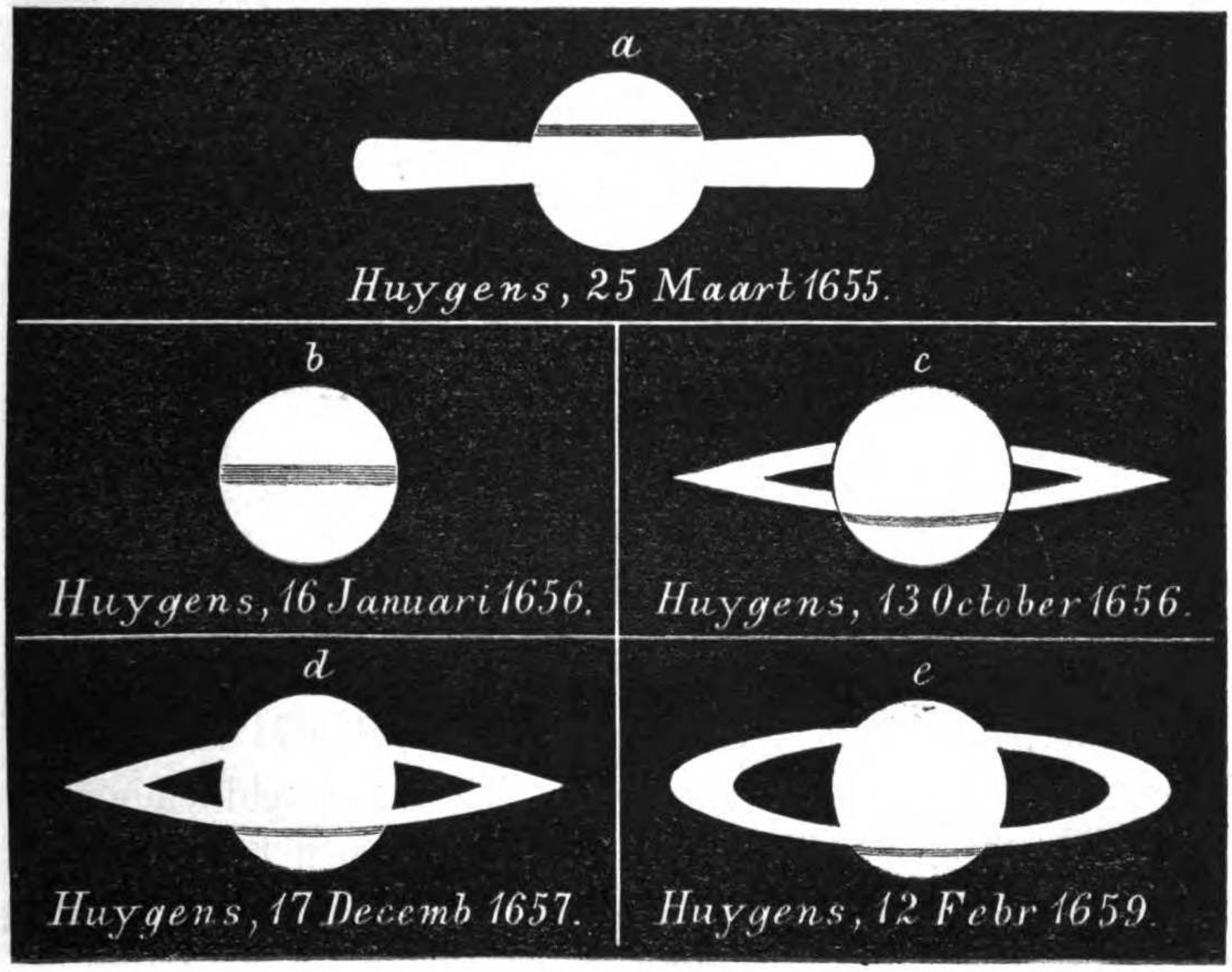
werpglas, naar de uitvinding van Dollond (4e stukje § 215)

dat in het geheel geen kleurenverspreiding vertoont; ook vergrootte die kijker maar dertig maal; toch zag hij met zulk eene geringe vergrooting dat Saturnus er eenigszins langwerpig uitzag, en het kwam hem ten slotte voor, alsof Saturnus uit 3 bolletjes bestond, op een kleinen afstand van elkander, een grootere in het midden en twee kleinere, zie fig. 513*a*.

Maar wat gebeurde nu bij eene volgende verschijning van Saturnus in 1612? Toen bezag Galilei Saturnus weer, en kon hij niet het minste meer van die twee kleine bolletjes zien; de planeet scheen hem toe, evenals Mars en Jupiter, uit een enkelen afgeplatten bol te bestaan, fig. 513*b*. Daar hij nu niet terug zag, wat hij het vorige jaar meende ontdekt te hebben, werd hij, zonderling genoeg, hierdoor zoo ontmoedigd, dat hij Saturnus niet meer wilde beschouwen.

Het was niet te verwonderen, dat alle andere sterrekundigen

Fig. 514.



van dien tijd ook hunne kijkers naar Saturnus richtten, en ver-

schillende hunner gaven ook door afbeelding terug, wat zij zagen. Fig. 513, *c* tot *l*, geeft u eenig denkbeeld van die afbeeldingen. Het komt er op neer, dat Saturnus soms eenvoudig rond, al of niet met een donkeren band over hem heen, soms met twee oogen of handvatsels, aan elken kant een, gezien werd. Niemand kon uit deze verwarring wijs worden, totdat Christiaan Huygens, een Hollandsch geleerde, in het jaar 1656 de verklaring van die gedaanteverwisselingen van Saturnus vond. Zie fig. 514. Hij scheen toen nog niet geheel zeker van zijne zaak te zijn, daarom kwam hij niet dadelijk rond voor zijne ontdekking uit, maar zette hij van een volzin die zijne verklaring inhield, de letters alle om, en maakte nu, als een raadsel, deze omgezette letters bekend. Kort daarop had Saturnus weer twee gedaanteverwisselingen, en daar die juist met zijne verklaring overeen kwamen, maakte hij bekend, wat hij met de omgezette letters bedoeld had, en wel:

„Hij wordt omringd door een dunnen platten ring, die nergens aan hem vast is, en op de ekliptika helt."

---

§ 287.

VERDERE VERKLARING DER WAARGENOMENE VERSCHIJNSELEN, IN DE VOORONDERSTELLING DAT DE WAARNEMER ZICH OP DE ZON BEVINDT.

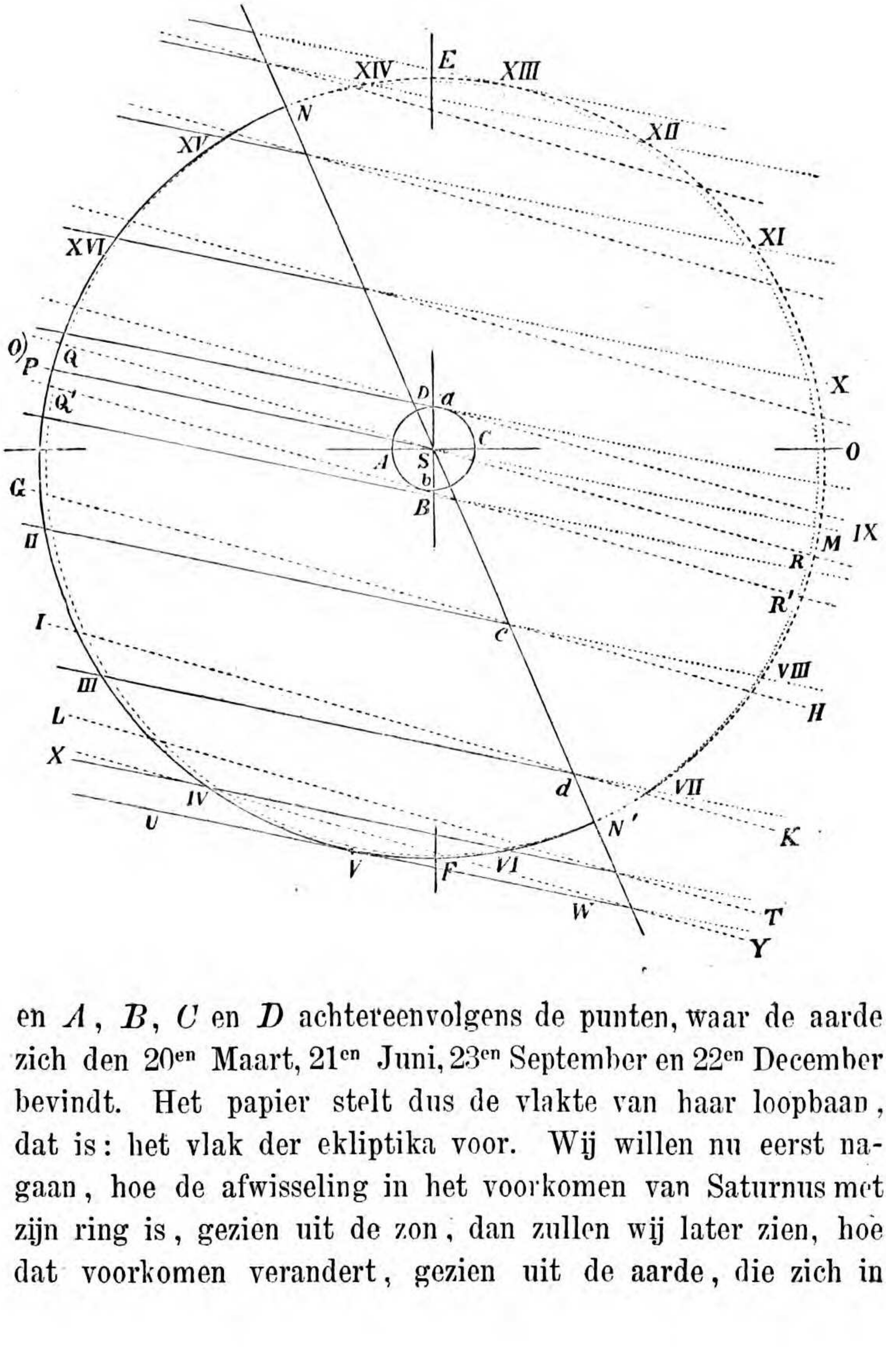
a). WANNEER HET GEBEURT DAT SATURNUS ZONDER RING VERSCHIJNT.

Laat ons nu eens zien, hoe men, door aan te nemen, wat Huygens had bekend gemaakt, de verschillende vormen verklaren kan, waaronder Saturnus zich in verschillende jaren moet voordoen. Eene zaak is er, waarop men bij die verklaring vooral letten moet, namelijk dat de ring, waardoor Saturnus omringd is, zoo vlak is, dat men hem het best kan vergelijken met een ring, dien men uit papier snijdt, en dat

die ring, terwijl Saturnus zich om de zon beweegt, altijd zeer nabij evenwijdig aan zich zelf blijft.

Zij in fig. 515 S de zon, A B C D de loopbaan der aarde,

Fig. 515.



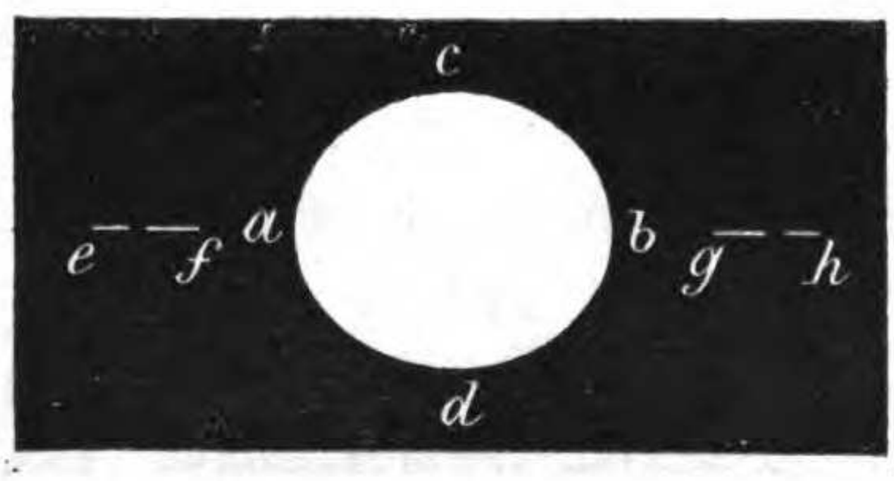
en A, B, C en D achtereenvolgens de punten, waar de aarde zich den 20^{en} Maart, 21^{en} Juni, 23^{en} September en 22^{en} December bevindt. Het papier stelt dus de vlakte van haar loopbaan, dat is: het vlak der ekliptika voor. Wij willen nu eerst nagaan, hoe de afwisseling in het voorkomen van Saturnus met zijn ring is, gezien uit de zon, dan zullen wij later zien, hoe dat voorkomen verandert, gezien uit de aarde, die zich in

een kring om de zon beweegt. Zij dan $N\ P\ N'\ M$ de loopbaan van Saturnus, $N\ N'$ de lijn, volgens welke het vlak van die loopbaan het vlak der ekliptika snijdt, of zooals gij weet dat men het noemt, de knoopenlijn der loopbaan van Saturnus, dan zijn N en N' de knoopen, en wel N de klimmende, N' de dalende knoop. De helft $N\ P\ N'$ van de loopbaan van Saturnus is dus boven het vlak van de loopbaan der aarde, de andere helft $N'\ M\ N$ is eronder. De hoek, dien de twee vlakken met elkander maken, is nagenoeg $2\frac{1}{2}$ graad; hoewel deze hoek, dien gij bijv. in fig. 516 vindt voorgesteld, vrij klein is, kan hij toch niet bij alle onderzoekingen verwaarloosd worden.

Fig. 516.

Het gevolg van die helling is bij voorbeeld, dat, als de kring $N\ P\ N'\ M$ de loopbaan van Saturnus in hare ware gedaante voorstelt, als zij om de knoopenlijn $N\ N'$ op het vlak van het papier wordt neergeslagen, hare ware plaats in de ruimte beter wordt aangeduid door den kring $N\ Q\ N'\ R$, die nog binnen den kring $N\ P\ N'\ M$ is, en waarboven of waaronder zij zich bevindt. Saturnus nu draait evenals alle andere planeten om eene as, en wel met eene tamelijk groote snelheid, namelijk in 10 uur en 14 minuten. Het gevolg van die snelle omwenteling is natuurlijk eene sterke afplatting, ja nog sterker dan die van Jupiter. De beste metingen van de planeten zijn door den Hollandschen sterrekundige Kaiser verricht; hij vond voor die afplatting $\frac{1}{9,2}$; volgens hem heeft Saturnus en zijn ring, als men ze door de omwentelingsas doorgesneden denkt, eene doorsnede evenals fig. 517; $a\ b$ is hier de doorsnede der evennachtslijn van Saturnus, c en d zijne polen, $e\ f$ en $g\ h$ de doorsneden van zijn ring, die met de evennachtslijn van Saturnus juist in ééne vlakte ligt.

Fig. 517.



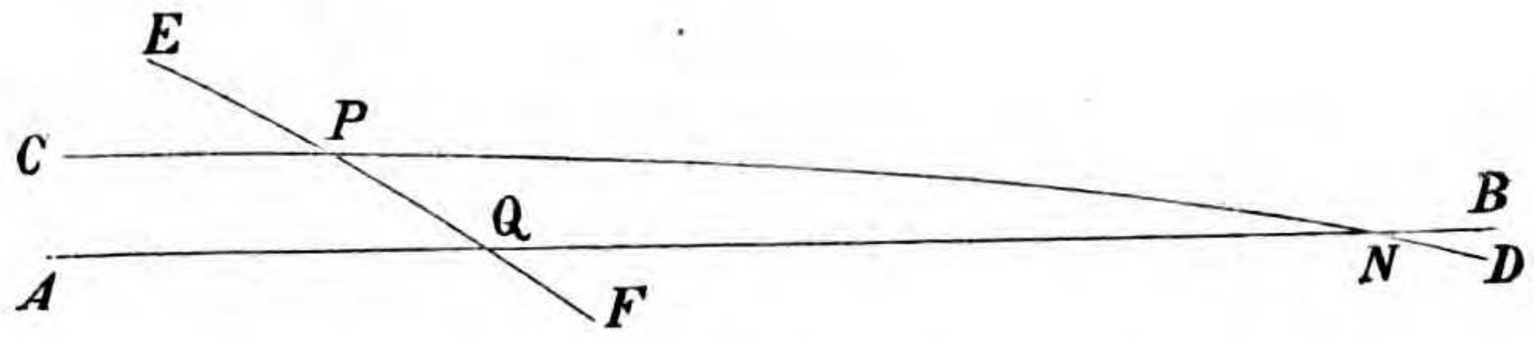
Evenals bij de aarde en Mars, helt ook bij Saturnus de evennachtslijn, en dus ook de ring,

sterk op het vlak der loopbaan; de hoek, dien beide met elkander maken is 26°,8; op Saturnus bestaat dus, evenals op de aarde, voor plaatsen ver van de evennachtslijn gelegen, een zomer en een winter; voor het noorder-halfrond begint de lente, als de planeet zich in het punt P bevindt, nagenoeg aan dezelfde zijde van de zon, waar de aarde zich bevindt, als voor haar noorder-halfrond de lente begint; de lengte van het voorjaars-nachteveningspunt van Saturnus is in 1885 167° 59′, en de snijlijn van de vlakte van den ring en de vlakte der loopbaan is dus gericht volgens de lijn $P\ S\ M$, fig. 515. Maar gij begrijpt wel dat deze lijn alleen dan de werkelijke snijlijn van die beide vlakken is, als de planeet of in P of in M staat; staat hij in een ander punt zijner loopbaan, bijv. in II, dan is de doorsnijlijn der ringvlakte en der loopbaansvlakte eene lijn, bijv. II VIII, die aan $P\ M$ evenwijdig loopt.

De snijlijn en de helling van de vlakte van den ring van Saturnus met betrekking tot de ekliptika verschillen natuurlijk van de snijlijn en de helling met betrekking tot de vlakte der loopbaan van Saturnus.

Zij in figuur 518 uit de zon gezien $A\ B$ de ekliptika, $C\ D$

Fig. 518.



de loopbaan van Saturnus, dan is N de klimmende knoop van de loopbaan van Saturnus. De lengte van dien knoop is in het begin van 1885 112°,5. In fig. 515 is O het punt, van waar de lengten geteld worden, namelijk het voorjaarsnacht-eveningspunt. De hoek $O\ S\ N$ is dus ook 112°,5.

Laat nu $E\ F$, fig. 518, voorstellen de vlakte van den ring van Saturnus, als hij zich juist in het punt P bevindt, dan is de boog $N\ P$ groot 55°,5, zoodat de lengte van het punt

P, gemeten tot den knoop toe, langs de ekliptika, en verder van den knoop af, langs de loopbaan van Saturnus 112°,5 + 55°,5 of 168°,0 bedraagt, het getal, dat ik zooeven genoemd heb.

Wanneer gij nu nagaat, hoe de ligging is van dezelfde vlakte van den ring, met betrekking tot de ekliptika, dan ziet gij dadelijk, dat het doorsnijpunt met de ekliptika ligt in Q, dat ook in fig. 515 aangegeven is, en de helling met de ekliptika gelijk is aan den hoek EQA, die iets grooter is dan de hoek EPC.

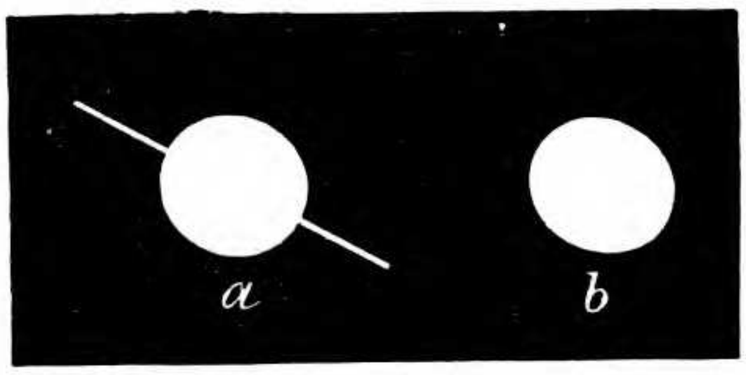
Dit doorsnijpunt kan men even goed als dat van eene loopbaan den klimmenden knoop noemen, omdat links van dat punt af de ringvlakte zich boven de ekliptika verheft.

Wij hebben nu voor het begin van het jaar 1885: lengte van den klimmenden knoop van den ring van Saturnus op het vlak der ekliptika 171°59′, of nagenoeg 172°,0.

Helling op de ekliptika 28°10′.

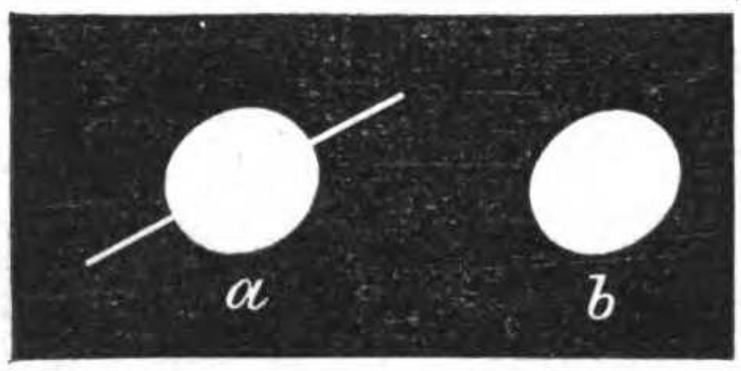
Bevindt Saturnus zich in een ander punt van zijne loopbaan bijv. II of III, (fig. 515) dan zal, zooals gezegd is, de snijlijn van het vlak van zijn ring met dat van zijne loopbaan, gericht zijn volgens eene lijn II VIII, of III VII, die evenwijdig loopt aan de lijn $P\ S\ M$; die snijlijnen snijden de ekliptika in de punten c, d, enz. die in de knoopenlijn $N\ N'$ liggen.

Fig. 519.



Trekt men dus door die punten lijnen, ($G\ H$ en $I\ K$) evenwijdig aan de lijn $Q\ S\ R$, dan zijn deze lijnen de snijlijnen van het vlak van den ring met het vlak der ekliptika.

Fig. 520.



Gij begrijpt nu wel dat, als Saturnus in P is, zijn ring, uit de zon, juist op zijn kant gezien zal worden, dus als in fig. 519 a.

Hetzelfde uiterlijk moet Saturnus ook hebben, als hij in de dalende knoop van zijne ringvlakte, dus in het punt M is, zie fig. 520 a.

Maar nu is het gebleken, dat die ring zoo dun is, dat er alleen met de allersterkste kijkers mogelijkheid bestaat, hem als een uiterst fijn lijntje te zien. Door een gewonen kijker, is dus de ring dan niet zichtbaar, en doet zich Saturnus dus voor als in fig. 519 *b*, en fig. 520 *b*, d. i. zonder ring, evenals Galilei hem in het jaar 1612 ook zag.

---

§ 288.

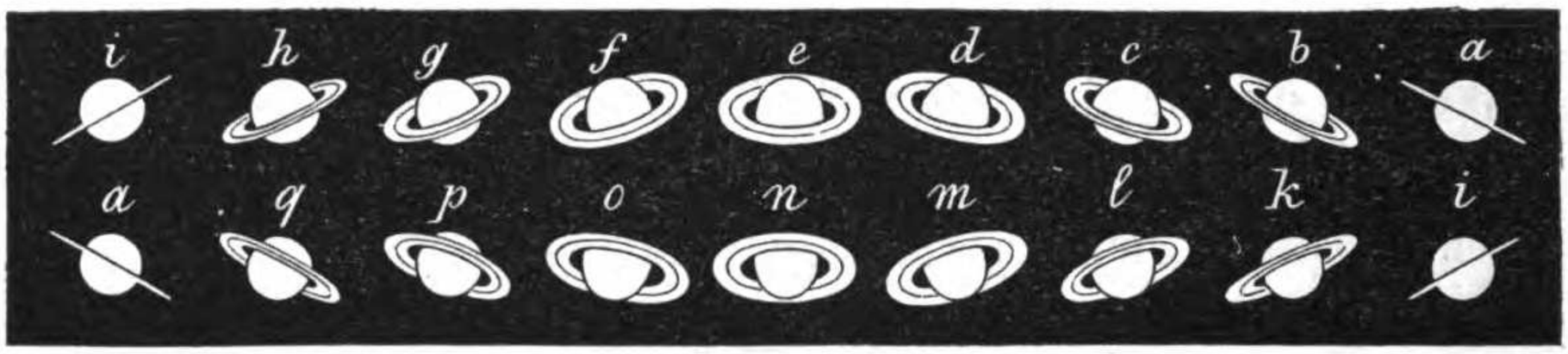
b) VERDERE GEDAANTEN VAN SATURNUS MET ZIJN RING.

Als gij dit nu goed begrepen hebt, dan zal het u ook niet moeilijk vallen, na te gaan hoe de ring van Saturnus zich moet voordoen op andere punten van zijne loopbaan. De omloopstijd van Saturnus om de zon is, zooals ik u reeds heb medegedeeld, 29 jaar en 167 dagen. Was zijne loopbaan dus cirkelvormig, dan zou hij de helft hiervan, dus 14 jaar en 266 dagen, noodig hebben, om van zijn klimmenden knoop *P* tot zijn dalenden knoop *M* te komen. Maar evenals van al de andere planeten is de loopbaan van Saturnus eene ellips; de groote as dezer ellips is nagenoeg gericht langs de lijn *E F*, terwijl het punt *E* het dichtste punt is; de tijd, dien Saturnus noodig heeft om van *P* tot *M* te komen, is dus langer dan die helft, namelijk 15 jaar en 9 maanden, terwijl de overige tijd, n.l. 13 jaar en $8\frac{1}{2}$ maand door Saturnus besteed wordt om den weg van *M* tot *P* af te leggen.

Terwijl Saturnus zich nu van *P* naar *V* en van *V* naar *M* begeeft, zal toch de lijn, volgens welke zijn ring de vlakte van de loopbaan van Saturnus snijdt, zich evenwijdig aan zich zelf voortbewegen, en achtereenvolgens de liggingen II VIII, III VII, IV VI, *U V W*, enz., *T U* en daarna weder IV VI, III VII en II VIII aannemen. De snijlijn met het vlak der ekliptika krijgt op dezelfde tijden de standen *G H*, *I K*, *L T*, *X Y*. Langzamerhand wordt nu de boven- of liever de noord-

zijde van den ring meer en meer zichtbaar; fig. 521 toont

Fig. 521.



dien overgang duidelijk aan; deelen wij den boog $P\,V$, fig. 515, in vier ongeveer gelijke gedeelten, zoodat, uit de zon gezien, de planeet bij elk verder punt $22\frac{1}{2}°$ verder staat, dan stelt:

a voor, hoe de ring er uitziet, als Saturnus in *P* of I is,
b „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ II „
c „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ III „
d „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ IV „
e „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ V „

en nu verder doorgaande, terwijl de planeet zich van *N* naar *M* beweegt:

f, hoe de ring er uitziet, als Saturnus zich in VI bevindt,
g, „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ VII „
h, „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ VIII „
i, „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ *M* of IX „ .

Gij ziet nu, dat de ring hier weer op zijn kant gezien wordt, dus dat hij in gewone kijkers onzichtbaar moet worden. Gaan wij nu na, wat er gebeurt als Saturnus het punt *M* voorbij is, en door het punt XIII heen langzamerhand weder naar het punt van uitgang *P* terugkeert. Verdeelen wij den boog *M* XIII *P* weder op dezelfde wijze als vroeger den boog *P V M*, en gaan wij dan na, hoe Saturnus er uitziet in de tusschenpunten, dan krijgen wij de volgende reeks:

k vertoont Saturnus als hij in X staat,
l „ „ „ „ „ XI „
m „ „ „ „ „ XII „
n „ „ „ „ „ XIII „ .

Gij ziet nu, dat in deze figuren de onder- of liever de zuidzijde van den ring zichtbaar is, de noordpool van Saturnus is in dit gedeelte van zijnen loop van de zon afgekeerd. Verder vertoont

o Saturnus en zijn ring als hij in XIV staat,
p „ „ „ „ „ „ „ XV „ ,
q „ „ „ „ „ „ „ XVI „ ,
a „ „ „ „ „ „ „ I of *P* „ .

In dit gedeelte is de zuidpool van Saturnus naar de zon toegekeerd, de ring bedekt in de drie middelste figuren zelfs het noordelijk gedeelte der planeet, overigens vindt gij er de zelfde afwisseling in, als in het eerste gedeelte.

---

§ 289.

OVER HET ONZICHTBAAR EN WEER ZICHTBAAR WORDEN VAN DEN RING, GEZIEN UIT DE AARDE.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is alles toch heel eenvoudig, en het is vreemd, dat de andere sterrekundigen dat ook niet begrepen hebben.

DE HEER. Ja, dat is nu gemakkelijk te zeggen; maar gij moet niet vergeten, dat de afbeeldingen, die de sterrekundigen van Saturnus en zijn ring maakten, onvolkomen waren. Ten deele lag dit wellicht aan hen zelve, ten deele daaraan dat hunne kijkers zoo slecht waren. Huygens was ook de eerste die eene tamelijk goede afbeelding maakte, zie fig. 514 *e*; dit kwam ook daarvan, dat het voorwerpglas van zijn kijker, dat hij zelf gemaakt had, veel beter was dan anders de glazen van zijn tijd. Dat glas wordt nog altijd te Utrecht als eene merkwaardigheid bewaard.

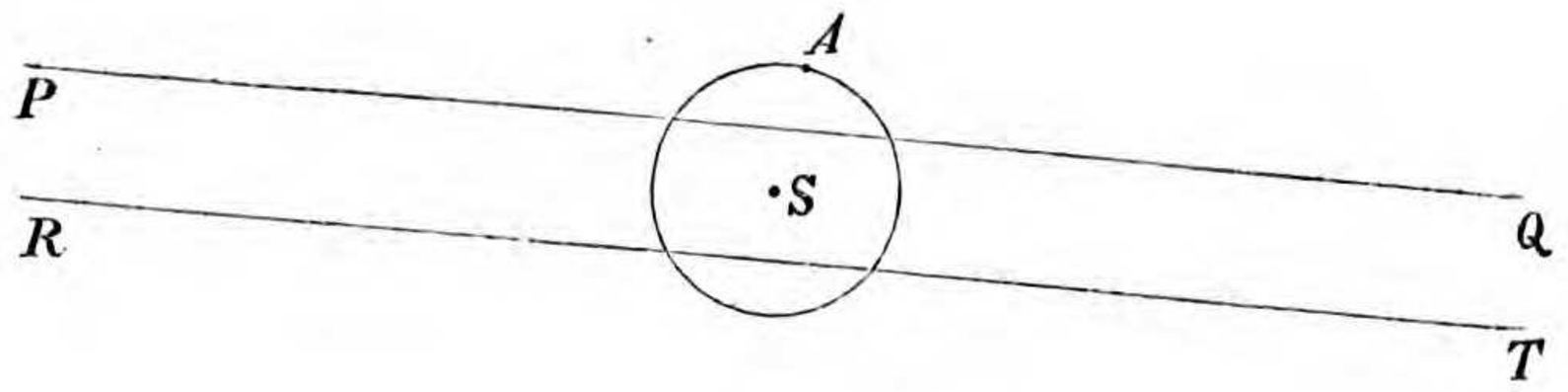
Maar nu hebben wij nog niet alles beschouwd, wat er ten opzichte van dat verschijnen en verdwijnen van den ring van Saturnus valt op te merken. Gij moet niet vergeten, dat wij

nog maar beschouwd hebben, hoe de verschijnselen zijn, gezien uit de zon. Maar wij bevinden ons niet op de zon, maar op de aarde, die in den kring $A\,B\,C\,D$ om de zon draait.

Laat ons eens zien, welk verschil dit geven kan. Bevindt Saturnus zich in de punten V of XIII, dan maakt het blijkbaar zeer weinig verschil, in het uiterlijk voorkomen van Saturnus, hetzij men hem uit de zon of uit de aarde beziet; de aarde staat aan dezelfde zijde van den ring als de zon, en uit de aarde ziet men dus ook dezelfde, en wel de verlichte zijde van den ring. Datzelfde heeft natuurlijk niet alleen plaats, als Saturnus zich in V of XIII bevindt, maar zelfs zoolang Saturnus zich aan de zijde van V of XIII van de loopbaan der aarde bevindt, of anders gezegd zoolang de snijlijn van de ringvlakte met de vlakte der ekliptika buiten de loopbaan der aarde loopt.

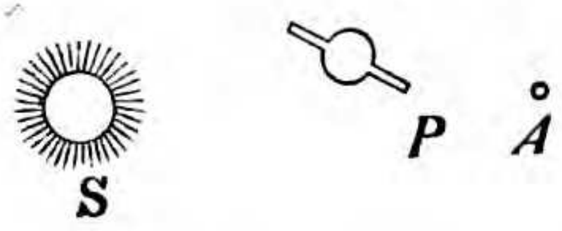
Maar stel eens dat die snijlijn $P\,Q$, fig. 522, ook de loop-

Fig. 522.



baan der aarde snijdt, dan kan het gebeuren dat de aarde zich in A bevindt, aan den anderen kant der snijlijn als waar de zon zich bevindt. Wat zal dan gebeuren? Dit zult gij gemakkelijk begrijpen als gij u eens verbeeldt dat gij met uw oog in Q zijt; wat gij dan ziet, daarvan geeft fig. 523 een denkbeeld. Gij ziet dan in P Saturnus met zijn ring, de zon S aan de zuidzijde, van den ring, zoodat die zijde alleen verlicht is, terwijl men uit de aarde A alleen de noordzijde kan zien; maar deze is donker, dus onzichtbaar; buiten

Fig. 523.



de planeet ziet men den ring dus niet en over de planeet heen, alleen als een donkere rand. Is dus de planeet aan den kant van P, dan ziet zij er uit als in fig. 524 a, bevindt zij zich aan de zijde van Q, dan doet zij zich voor als in fig. 524 b.

Fig. 524.



a b

Maar laat ons nu eens vooronderstellen, dat de zon en de aarde op dezelfde plaats S en A (fig. 522) zijn, en dat de doorsnede in plaats van langs $P\ Q$, langs $R\ T$ loopt, dan is de zaak anders; de zon en de aarde bevinden zich nu aan dezelfde zijde der snijlijn, en de aarde ziet dus den verlichten kant van den ring; dus als Saturnus aan de eene zijde van R staat, als fig. 521a, en als Saturnus aan de zijde van T staat, als fig. 521 i.

Het gebeurt nu en dan, dat, door het voortgaan van Saturnus in zijne baan, het vlak van den ring hetzij door de zon, hetzij door de aarde gaat; in beide gevallen heeft er altijd eene verandering plaats. Is bijv. heden avond de ring nog zichtbaar, en gaat morgen ochtend de vlakte van den ring door de zon, of door de aarde, dan is morgen avond de ring onzichtbaar; totdat omgekeerd de vlakte van den ring opnieuw door de zon of door de aarde gaat, en dan wordt de ring weer zichtbaar.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat begrijp ik toch niet goed.

DE HEER. Wel, zie eens hier. Stel, de ring van Saturnus is zichtbaar, dan weet gij, dat de aarde en de zon aan denzelfden kant van de vlakte van den ring zijn. Laat ons nu de zon, de aarde en den ring voorstellen door de letters Z, A en R, dan is, als de ring zichtbaar is, de opvolging de volgende:

	$Z\ A\ R$	of	$A\ Z\ R$
of	$R\ Z\ A$	of	$R\ A\ Z$.

Stel nu eens dat door de beweging van Saturnus de ringvlakte zich naar de richting waar de aarde en de zon staan, beweegt, en een van beide voorbij gaat, dan zal de letter R in de twee eerste lettergroepen links, in de twee laatste rechts

moeten verplaatst worden, en dan zal men in de beide lettergroepen verkrijgen:

$$Z\ R\ A \qquad \text{en} \qquad A\ R\ Z$$

en in beide deze gevallen is R in het midden; aan de eene zijde is de zon, en aan de andere zijde de aarde, derhalve nu is de ring *onzichtbaar*.

Laat nu de ring in dezelfde richting voortgaan als vroeger en het tweede lichaam voorbijgaan, dan wordt de schikking:

$$R\ Z\ A, \quad R\ A\ Z \quad \text{of} \quad Z\ A\ R, \quad A\ Z\ R,$$

en nu zijn weer Z en A aan dezelfde zijde van R, d. i. de aarde krijgt de verlichte zijde van den ring te zien.

Als nu Saturnus bijv. zich bevindt in de streek zijner loopbaan, die in fig. 515 met XVI is aangeduid, dan duurt het niet lang of de vlakte van den ring raakt de loopbaan der aarde aan in het punt a; het duurt nu bijna een geheel jaar dat de snijlijn van de ringvlakte en de ekliptika die loopbaan in twee punten doorsnijdt, totdat zij ten slotte die loopbaan aanraakt in het punt b, en haar dan verlaat. In dat jaar gaat de vlakte van den ring verlengd altijd eens door de zon, en in dat geval wordt de ring altijd van zichtbaar onzichtbaar of van onzichtbaar zichtbaar.

Maar de aarde loopt in dat jaar hare loopbaan bijna eens rond, en dus moet die snijlijn de aarde natuurlijk ook eens ontmoeten, en het kan gebeuren, dat zij de aarde driemaal ontmoet.

ABDULLAH. Maar kan het dan niet gebeuren dat de ringvlakte de aarde in dien tijd *twee* keer ontmoet?

DE HEER. Wel neen; want ga maar eens na. Zoolang Saturnus zich van het punt XIII, door de punten XIV, XV, XVI beweegt, is de aarde *ten zuiden* van de ringvlakte.

Maar zoodra Saturnus nu zoover gekomen is, dat de doorsnijlijn van de vlakte van zijn ring met het vlak der ekliptika $Q'\ R'$ voorbij is, en dus de loopbaan der aarde verlaten heeft, dan is de aarde altijd *ten noorden* van de ringvlakte.

In geval nu de aarde ééns door de vlakte van den ring doorgaat, bevindt zij zich natuurlijk *ten noorden* van den ring; gaat zij die vlakte nog eens door, dan komt zij weder *ten zuiden* van den ring; gaat zij voor de derde maal door die vlakte, dan is de aarde weder *ten noorden* van den ring, gij ziet dus, dat, om van *ten zuiden* van den ring aan den *noordkant* te komen, de aarde eens of driemaal de vlakte van den ring moet doorgaan.

Ontmoet de vlakte van den ring de aarde slechts eens, dan gebeurt het dat jaar *ééns* dat de ring onzichtbaar, en eens dat hij weder zichtbaar wordt, om dan weder omtrent 14 jaar zichtbaar te blijven.

Ontmoet de vlakte van den ring de aarde driemalen, dan gebeurt het in dat jaar *twee maal* dat de ring onzichtbaar en weder zichtbaar wordt.

---

§ 290.

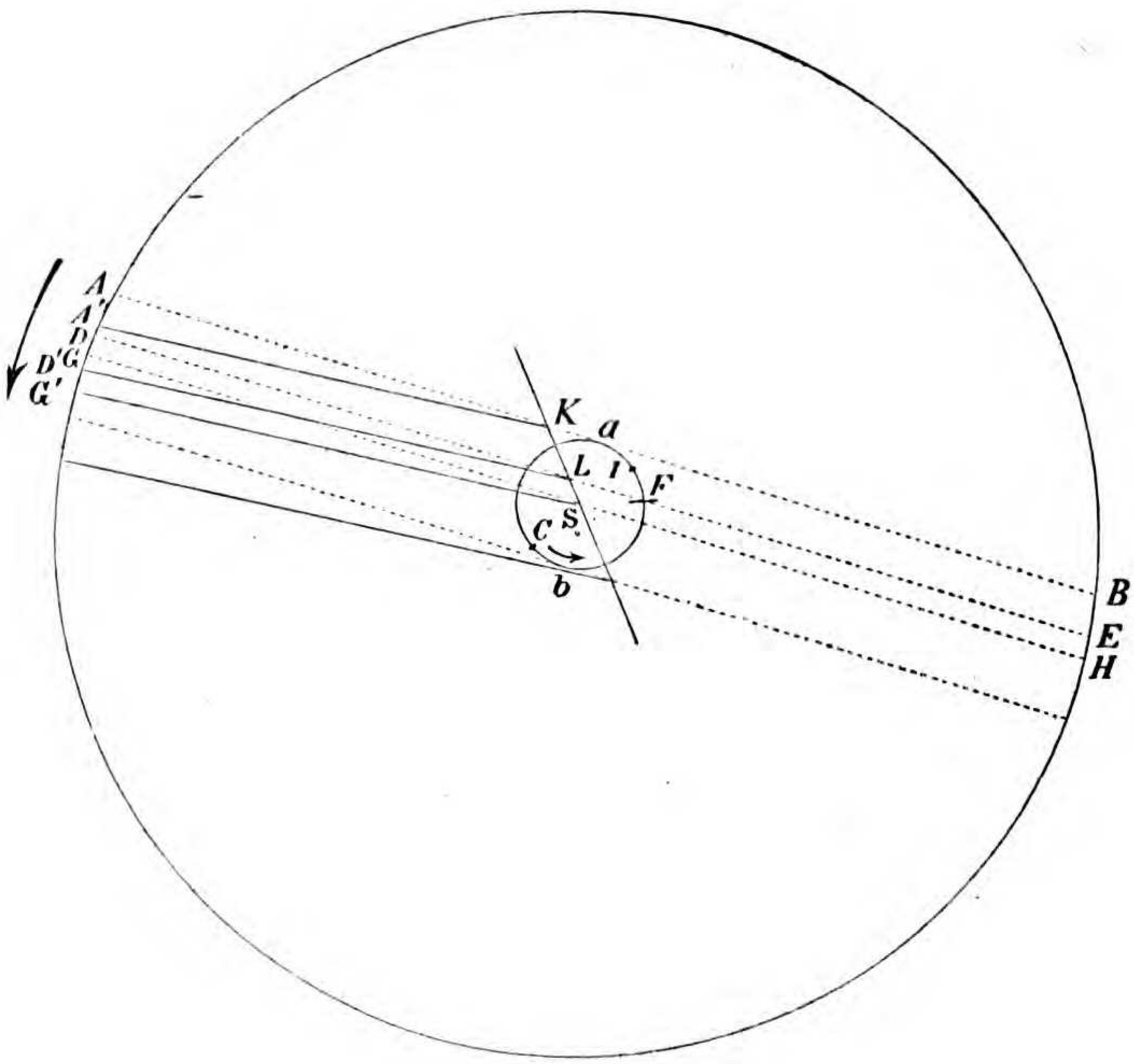
HET ONZICHTBAAR EN WEER ZICHTBAAR WORDEN VAN DEN RING IN 1891.

In het jaar 1891, als wanneer de vlakte van den ring door de zon zal gaan, zal het maar eens gebeuren.

Reeds den 5^{en} Mei van dat jaar raakt de snijlijn AB, fig. 525, van de vlakte van den ring met de vlakte der ekliptika, de loopbaan der aarde in het punt a. Saturnus bevindt zich dan in A', de aarde in C. De pijltjes duiden hunne bewegingen aan, de beweging der aarde is zoodanig, dat zij hare loopbaan in 365 dagen en 6 uren of één jaar doorloopt; Saturnus doorloopt de zijne in $29\frac{1}{2}$ jaar, maar daar zijn afstand tot de zon omtrent $9\frac{1}{2}$ maal grooter is dan die der aarde, zoo is zijne snelheid slechts driemaal geringer. Daar nu de aarde zeer spoedig de lijn AB, die nu van raaklijn snijlijn wordt, te gemoet gaat, zoo moet zij die vroeg of laat ontmoeten. Dit

gebeurt nu in 1891 den 26 September, dan bevindt zich Sa-

Fig. 525.



turnus in D', de snijlijn langs $D\,E$, en de aarde in F.

De ring was tot nog toe zichtbaar, namelijk de zuidzijde was verlicht zichtbaar. Maar nadat de aarde de verlengde vlakte van den ring is doorgegaan, is den volgenden dag de aarde niet meer aan dezelfde zijde als de zon, of met andere woorden: *de ring van Saturnus wordt* (van de aarde uit) *onzichtbaar.*

Saturnus gaat echter voort in zijne loopbaan, en den 29 October gaat de vlakte van den ring door de zon, (Saturnus staat dan in G', de aarde in I, de snijlijn met het vlak der ekliptika is $G\,H$;) ten gevolge daarvan is reeds den volgenden dag de noordvlakte van den ring die ook naar de aarde gekeerd is, door de zon verlicht, en *de ring wordt weer zichtbaar.*

Nu besteedt de snijlijn *G H* nog een half jaar om voort te gaan totdat zij de loopbaan der aarde in het punt *b* aanraakt en haar geheel verlaat, en in dat half jaar zal nu in 1891 de aarde haar niet meer inhalen.

---

§ 291.

HET ONZICHTBAAR EN ZICHTBAAR WORDEN VAN DEN RING IN 1861 EN 1862.

Om u een voorbeeld te laten zien dat het kort achter elkaar tweemalen gebeurt dat de ring verdwijnt en weder zichtbaar wordt, moet gij er eens op letten hoe het in 1861 en 1862 toeging.

Hierop slaat fig. 526; deze figuur heeft wel veel overeenkomst met de voorgaande, maar eenvoudigheidshalve zijn de lijnen *A'K*, *D'L* en *G'S* van fig. 525, die in de vlakte der loopbaan van Saturnus liggen hier weggelaten, en zijn alleen de gestippelde lijnen *A B*, *D E* enz. aangegeven, die de snijlijnen der ringvlakte met het vlak der ekliptika voorstellen.

Den 23 November 1861 ging de vlakte van den ring van Saturnus door de aarde. Saturnus bevond zich in *A*, de aarde in *C*, en de vlakte van den ring sneed de vlakte der ekliptika volgens de lijn *A B*.

De ring werd dus onzichtbaar.

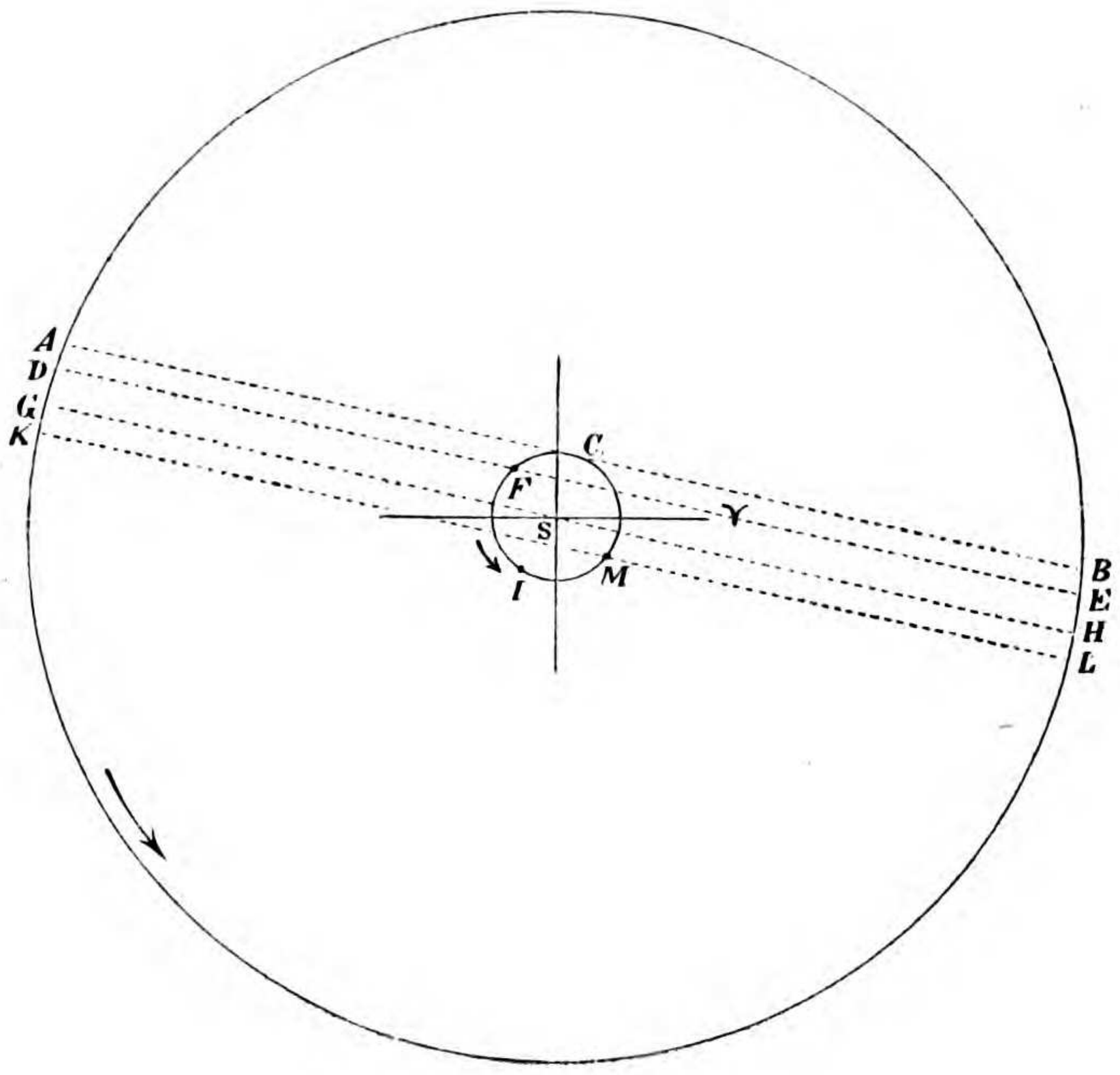
Den 1 Februari 1862 was de snijlijn *A B* gevorderd tot *D E*, toen de aarde haar weer inhaalde en haar in *F* doorsneed. De ring werd weer zichtbaar.

Den 18 Mei was de snijlijn gekomen in den stand *G H*, zij ging dus door de zon *S*. De aarde was in *I*. Den volgenden dag was dus de naar de aarde toegekeerde zuidzijde van den ring niet meer door de zon beschenen, en de ring werd onzichtbaar.

Dit duurde eindelijk tot den 12 Augustus, toen de snijlijn

tot KL gekomen was en de aarde haar weder in M ont-

Fig. 526.



moette, waarop de ring weder zichtbaar werd.

In de sterrekundige almanakken worden deze dagen altijd van te voren aangekondigd, en ook in andere almanakken, bijv. den Regeerings-Almanak van Ned.-Indië overgenomen, zoodat personen, die een kijker bezitten, altijd kunnen weten of zij den ring van Saturnus kunnen zien of niet. Ook kunnen zij, als er aangekondigd is, dat de ring onzichtbaar wordt, dit zelf ook met een kijker nagaan. Zij zien dan reeds eenige dagen te voren, dat de ring al flauwer en flauwer zichtbaar wordt, totdat hij dan op eens te vergeefs te zoeken zou zijn.

§ 292.

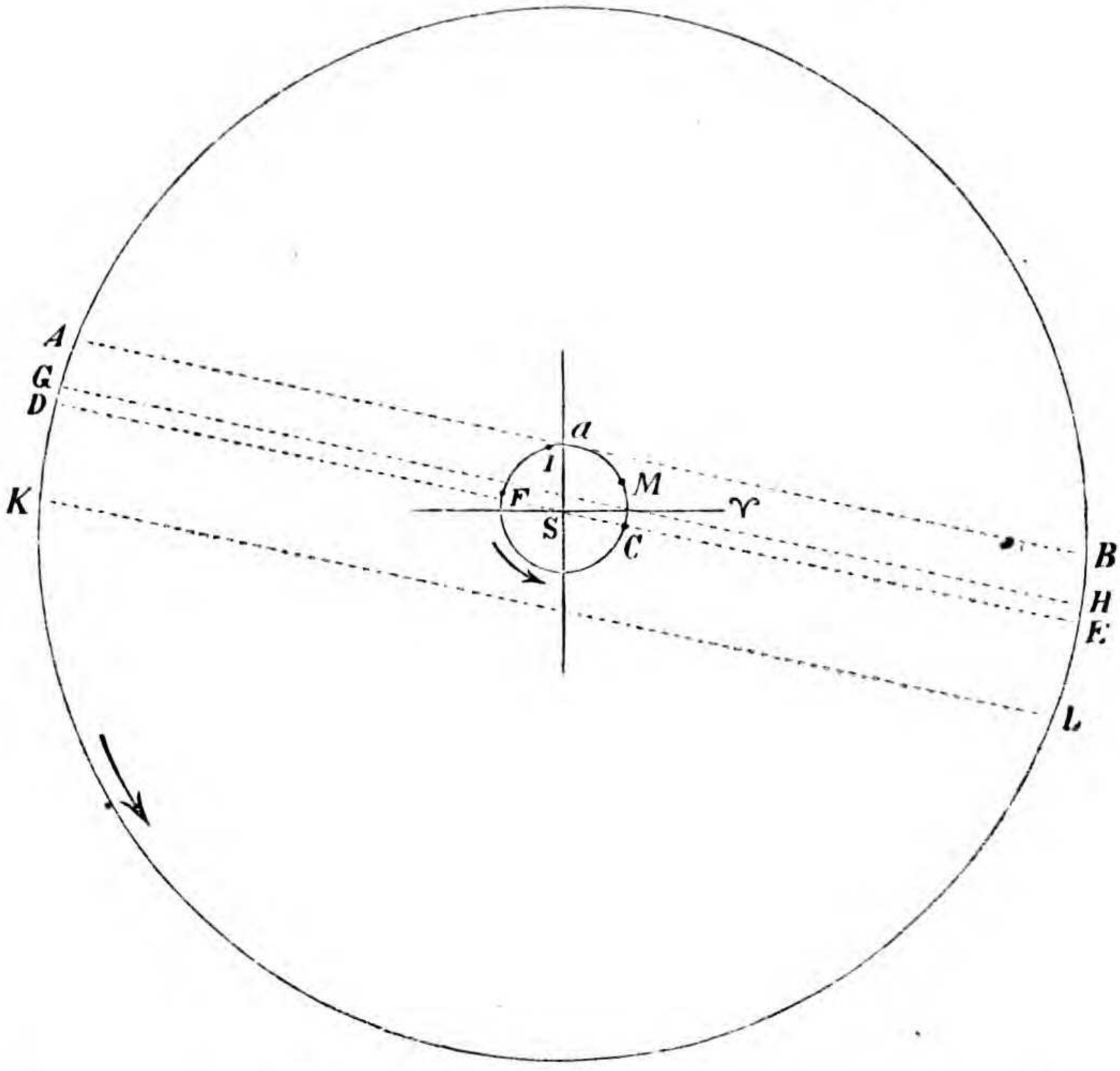
VERGELIJKING TUSSCHEN DE NU BESCHREVENE VORMEN EN TEEKENINGEN AFKOMSTIG VAN DEN TIJD VOOR HUYGENS.

Wanneer wij nu willen trachten, de teekeningen te verklaren, die ik u vroeger heb laten zien, dan zal het voldoende zijn na te gaan, wanneer in de 17e eeuw de vlakte van den ring van Saturnus door de zon ging.

Zie hier eerst die tijdstippen,

1612	28	December	Saturnus in E, (fig. 527),
1626	15	September	„ „ D,
1642	18	Juni	„ „ E,
1656	3	Maart	„ „ D.

Fig. 527.



Het wordt nu duidelijk waarom Galilei (zie fig. 513, *a*)

in 1610 iets op zijde van de planeet gewaar werd, dat hij voor twee kleine bolletjes hield, en dat hij, (zie fig. 513 *b*,) in December 1612 niets anders dan één bol zag. Immers toen ging de vlakte van den ring juist door de zon, de aarde stond dicht bij *a*, fig. 515 en de ring werd onzichtbaar.

In Februari 1614 was de ring nog zeer smal, en het is dus niet te verwonderen dat Scheiner haar afbeeldde zooals fig. 513 *c* aangeeft; de opeenhooping van licht aan de beide uiteinden van den openen ring gaf hem den schijn alsof hij, evenals vroeger Galilei, twee bolletjes op zijde der planeet zag, maar hij erkende toch nog dat er eene verbinding met de planeet was en teekende daarom eene lichte streep tusschen den bol en die twee kleine bolletjes.

In 1634, 1638, 1645 en 1648 was de ring zeer goed zichtbaar, de afbeeldingen, fig. 513 *d* en *e* door Fontana, en *f*, *g*, *h* en *i* door Gassendi vervaardigd, vinden dus hierin hare verklaring; alleen geven zij een voorbeeld, hoe door minder goede kijkers Saturnus beschouwende, niet alleen verschillende personen iets anders meenden te zien, maar zelfs dezelfde persoon dan eens deze dan weder gene opvatting had. Merkwaardig is het, dat Zucchi in 1640, Gassendi in 1644 en Grimaldi in 1657 in plaats van twee bolletjes op zijde van de planeet twee driehoekige figuurtjes teekenden.

Gaan wij nu over tot de door Huygens geleverde afbeeldingen, dan worden ook deze geheel verklaarbaar, als men in aanmerking neemt dat de vlakte van den ring den 3^{en} Maart 1656 door de zon ging.

Want wij hebben vroeger gezien, dat de vlakte van den ring ongeveer een half jaar noodig heeft om van den stand *A B*, fig. 527, waarbij de snijlijn met het vlak der ekliptika de loopbaan der aarde in *a* aanraakt, tot den stand *D E* te geraken, waarin die lijn door de zon *S* gaat.

De snijlijn was dus in *A B*, in het begin van September 1655, toen bevond zich de aarde in *C*. Den 3^{en} Maart was de aarde in *F*. Men kan nu hieruit van zelf afleiden, dat in

Januari 1656 de ringvlakte de vlakte der ekliptika langs *G H* doorsneed, terwijl de aarde zich in *I* bevond. De zon bescheen dus den zuidkant van den ring, en de noordkant was naar de aarde gekeerd, derhalve was de ring buiten de planeet onzichtbaar en op de planeet deed hij zich als eene donkere streep voor, zooals Huygens ook afbeeldde (fig. 514 *b*).

In 1655 was de ring reeds zeer smal, vandaar de afbeelding fig. 514 *a*; in October 1656 was de snijlijn reeds in de ligging *K L*, en de aarde in *M*, dus de ring goed zichtbaar en na 1656 werd hij natuurlijk hoe langer hoe meer open. De afbeelding van 12 Februari 1659 (fig. 514 *e*), laat werkelijk niets te wenschen over; zij geeft juist terug wat men door een gewonen kijker ziet, als de ring zoo ver open is, als toen het geval was.

Gij ziet nu, hoe gemakkelijk te begrijpen de verklaring is, die Huygens vond; het eenige, wat vreemd is en vreemd blijft, is: hoe komt Saturnus aan zoo een ring? Daaromtrent bestaat nog veel duisters. De ring is plat, en met betrekking tot zijne breedte zeer dun; en wat nog de merkwaardigheid ervan verhoogt, nog bij het leven van Huygens is door een Engelsch sterrekundige, met name Ball, ontdekt geworden dat er over de noordzijde van den ring eene fijne zwarte lijn loopt, zooals ook in de figuur is voorgesteld. Cassini, een der grootste sterrekundigen van dien tijd, zag na eenige jaren, toen de zuidzijde van den ring naar de aarde was toegekeerd, die zwarte lijn ook aan die zijde, en hij besloot dus dat er eigenlijk twee ringen zijn, die door eene smalle tusschenruimte van elkander gescheiden zijn; hij onderscheidde duidelijk dat de binnenste ring helderder was dan de buitenste.

§ 293.

DE WACHTERS VAN SATURNUS. AFBEELDING VAN HET GEHEELE STELSEL VAN SATURNUS MET ZIJNE RINGEN.

ABDULLAH. **Maar mijnheer, heeft Saturnus nu ook, evenals Jupiter, wachters?**

DE HEER. Ja zeker. Reeds in het jaar 1655 ontdekte Huygens dat Saturnus een wachter heeft, die nagenoeg in de vlakte van den ring in den tijd van bijna 16 dagen om de planeet zijn omloop volbrengt.

Deze wachter is de eenige wachter van Saturnus dien men met een kleinen kijker, mits hij toch altijd minstens 50 maal vergroot, zien kan; Huygens dacht, dat dit de eenige wachter van Saturnus zou zijn, maar hierin vergiste hij zich. Achtereenvolgens zijn er nog 7 ontdekt, zoodat het aantal der in het geheel bekende wachters tot acht is geklommen.

Alleen met zeer sterke kijkers is het mogelijk deze alle te zien. Zie hier een lijstje van deze wachters, waaruit gij hunne afstanden en omloopstijden ook zien kunt. Men heeft ze namen gegeven van zoons en dochters van Saturnus, altijd volgens de Grieksche godenleer.

N°.	Naam.	Ontdekker.	Wanneer ontdekt.	Afstand van de planeet.	Omloopstijd.
1	Mimas.	Herschel.	1789	3,36	0d 22u 37m 28s
2	Enceladus.	Herschel.	1789	4,31	1 8 53 7
3	Thetys.	Cassini.	1684	5,34	1 21 18 26
4	Dione.	Cassini.	1684	6,84	2 17 41 9
5	Rhea.	Cassini	1672	9,55	4 12 25 11
6	Titan.	Huygens	1655	22,15	15 22 41 25
7	Hyperion.	Bond.	1848	26,78	21 7 7 41
8	Japetus.	Cassini.	1671	64,36	79 7 54 40

Bij de lijst der afstanden is als eenheid aangenomen de straal van de evennachtslijn van Saturnus. Merkwaardig is het, hoe dicht de meeste dezer wachters bij de planeet staan. De wachter der aarde, de maan, staat op 60 stralen van de aarde van haar af, bij Saturnus overtreft alleen de afstand van den buitensten wachter deze verhouding. Ook zijn de omloopstijden, vooral van de binnenste wachters, bijzonder gering.

Eene andere merkwaardigheid van deze wachters is, dat van de twee eerste, die door Herschel ontdekt zijn, de loopbanen geheel in de vlakte van den ring liggen, zoodat, als de ring juist op zijn kant als eene rechte lijn gezien wordt, d. i. als het verlengde vlak van den ring juist door de aarde gaat, men die twee wachters, door een sterken kijker, als twee kralen langs eene fijne lijn ziet heengaan. Er zijn bij die gelegenheden wel eens kleine lichtende punten op den ring gezien die zich wel langs den ring bewegen, maar niet geheel tot het uiteinde van den ring kwamen, en dan weer omkeerden; dit waren natuurlijk kleine oneffenheden in den ring zelf; maar die twee wachters zijn daardoor te herkennen, doordien zij den ring verlaten, en eerst terugkeeren, als zij op eenigen afstand van het uiteinde van den ring gekomen zijn.

Die wachters zijn toch altijd voor de meeste kijkers zwakke voorwerpen, zoodat zij, als de ring goed zichtbaar is, zeer moeielijk te zien zijn, doordien het licht van Saturnus en zijn ring dan te veel hindert. Slechts enkele malen is het voorgekomen, dat iemand al de acht wachters van Saturnus te gelijk gezien heeft. In fig. 528 ziet gij een afbeeldsel van Saturnus met al zijne wachters. De ring is in deze figuur niet zooveel open als hij wel zijn kan; hij komt overeen met de fig. 521 *h*, zoodat bij het afteekenen Saturnus bij het punt XVI, fig. 515, moet geweest zijn. De stand der wachters, zooals die in de figuur geteekend is, zult gij beter begrijpen als gij fig. 529 beziet, waar dezelfde figuur, op $\frac{1}{5}$ harer vorige grootte geteekend is, doch met bijvoeging van de loopbanen der wachters; deze loopbanen zijn alle wel nagenoeg cir-

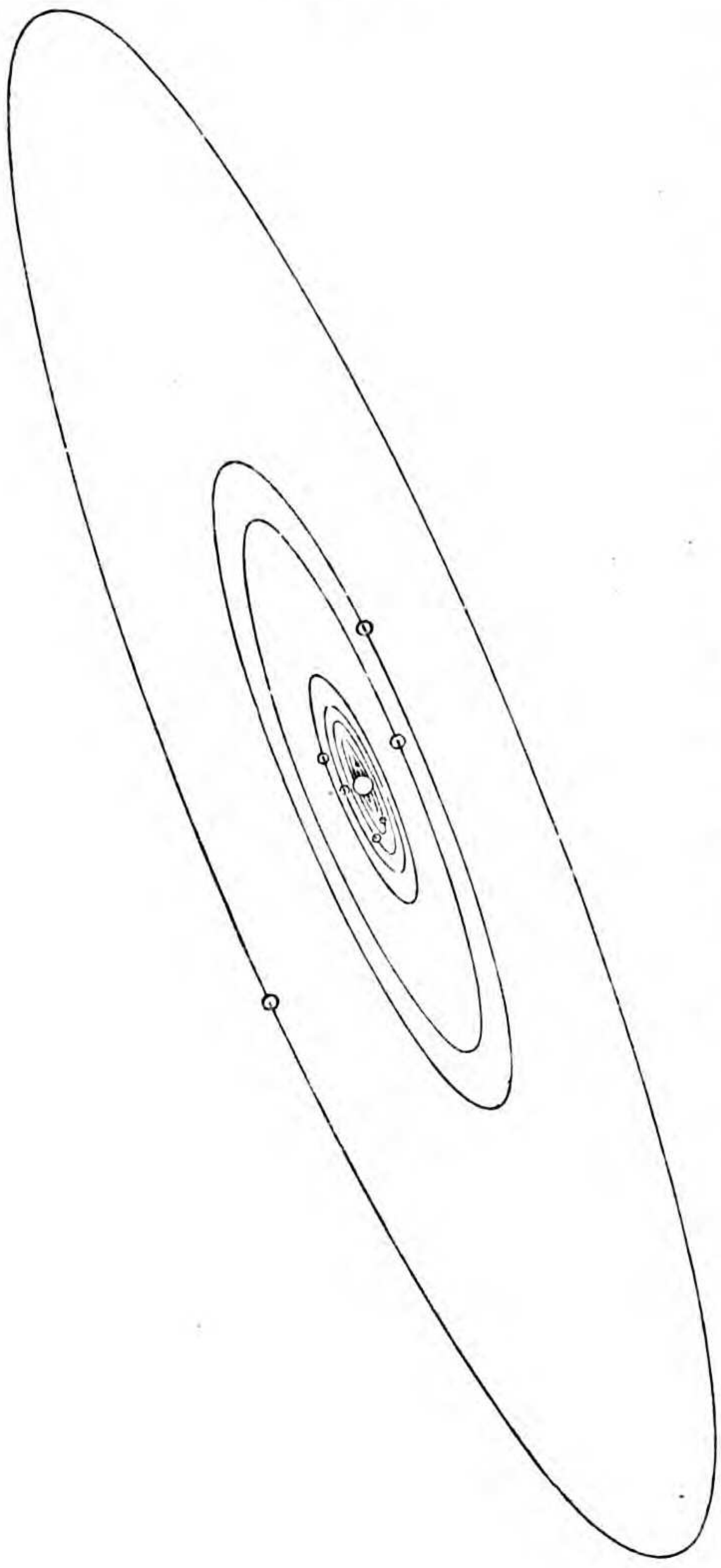
kelvormig, maar worden evenals de ring in de schuinte gezien,

Fig. 528.



en schijnen daardoor ovaal te zijn. Aan de planeet zelve ziet gij in fig. 528 nog eenige bijzonderheden, waarvan wij nog niet gesproken hebben.

Fig. 529.



In de eerste plaats ziet gij de schaduw van de planeet op den ring, rechts van de planeet. Deze schaduw is alweer een bewijs, dat de ring niet uit zich zelf licht geeft, maar zijn licht van de zon ontvangt. Dan ziet gij evenzoo beneden den ring de schaduw van den ring op de planeet; ook alweer een bewijs, dat de planeet haar licht van de zon ontleent.

Dan ziet gij nog vlak boven den ring eene half donkere streep over de planeet loopen, en als gij die vervolgt, dan ziet gij, dat zij door een donkeren ring wordt te weeggebracht, die zich nog binnen den binnensten ring bevindt. Deze donkere ring is alweer een allervreemdst verschijnsel. Hij is half doorschijnend. Hij geeft eenig licht, anders zou hij niet zichtbaar zijn; toch is hij lang zoo

licht niet als de binnenste, zelfs niet als de buitenste van de twee heldere ringen; en toch doet hij zich over de planeet voor als een donkere band.

Gij kunt in die teekening nog opmerken de duidelijk afgeplatte gedaante van de planeet zelve; de donkere en lichte banden, die op de planeet te zien zijn, en ten slotte de splitsing van den buitensten ring, die door sommigen nu en dan gezien is.

---

§ 294.

OVER DE NATUUR VAN DEN RING VAN SATURNUS.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat moet toch wel een prachtig gezicht zijn. En weet men nu niet wat die ring eigenlijk is?

DE HEER. Zeer zeker is het gezicht van Saturnus en zijn ring, of liever zijne ringen, prachtig te noemen, vooral als men hem door een sterken kijker beschouwt. Wat die ring eigenlijk is, dat weten wij niet. Zelfs uit welke stof Saturnus zelf bestaat, is ons niet recht duidelijk. Ik heb u al meermalen gezegd dat de massa eener planeet licht te vinden is, als zij een wachter heeft, en men van dien wachter den afstand tot de planeet en den omloopstijd kent. Dit is nu weer met Saturnus ook het geval. Vooral van Titan, den wachter dien Huygens ontdekt heeft, zijn de afstand en de omloopstijd zeer nauwkeurig bekend; het resultaat hieruit voor de massa van Saturnus verkregen, is dat die slechts 91 maal grooter is dan de massa der aarde. Ik zeg slechts, want de inhoud van Saturnus is bijna 720 maal grooter dan die der aarde, waaruit dus kan afgeleid worden, dat de stof, waaruit Saturnus bestaat, bijna 8 maal lichter is dan die, waaruit de aarde bestaat.

Nu is zeker de gemiddelde dichtheid der aarde nog al aanzienlijk, die is 5,66, dus omtrent tweemaal meer, dan de dichtheid van graniet, trachiet, en een aantal steensoorten, die op de oppervlakte der aarde voorkomen. Deelt gij nu dit

getal door 8, dan verkrijgt gij 0,7 voor de gemiddelde dichtheid van Saturnus. Deze planeet is dus lichter dan zij zijn zou, als zij geheel uit water bestond, zij heeft omtrent de dichtheid van djattiehout. Uit welke stof moet zij dus bestaan? Het is niet mogelijk te vooronderstellen, dat zij evenals onze aarde uit land en water bestaat, als wij ten minste door dat land bedoelen zand, klei, kalk- of trachietbergen, enz. Want dan zou de dichtheid van Saturnus niet zooveel van die der aarde kunnen verschillen.

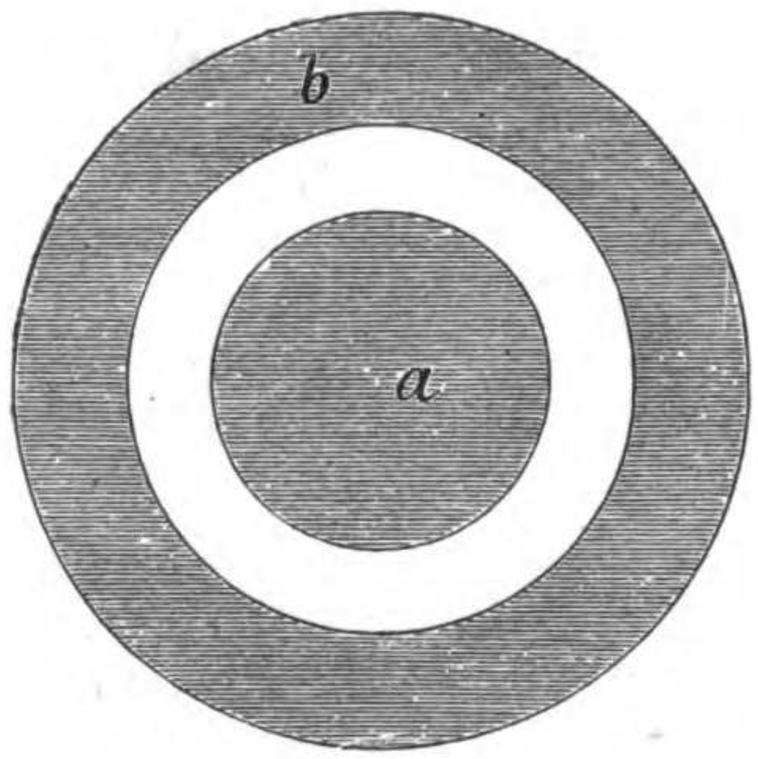
Omtrent de stof waaruit de ring bestaat, zijn wij evenzoo in het onzekere. Zelfs is het voor de sterrekundigen eene moeielijke zaak om te beslissen, of die ring vast of vloeibaar, of wellicht uit losse deelen bestaat.

De ring draait om de as van Saturnus, dat is door verschillende waarnemingen van Willem Herschel en anderen bewezen. Hij vond uit sommige onregelmatigheden, die zich als lichte puntjes voordeden, dat de omwentelingstijd $10^u\,32^m$ bedroeg. Beziet men Saturnus met een kijker, dan zou men geneigd zijn te meenen, dat die ring niet anders dan vast zijn kan.

Maar er zijn verschillende gronden, waarom men moeilijk kan aannemen dat die ring vast is. Want dat hij om de as van Saturnus zelf omdraait, is niet alleen door verschillende sterrekundigen gezien, maar het is ook noodzakelijk om het bestaan van den ring mogelijk te maken, en toch is er dan een ander bezwaar. Stel dat de ring in den tijd dien Herschel daarvoor gevonden heeft, om Saturnus draait, dan is, als de geheele ring één lichaam uitmaakt, die snelheid van omdraaiing zoo groot dat voor den buitensten rand van den ring de middelpuntvliedende kracht veel grooter zou zijn, dan de aantrekkingskracht van Saturnus en den ring te zamen genomen. Het is niet denkbaar dat dan de ring zou kunnen blijven bestaan. Losse deelen ervan, zooals hier op de aarde, steenen, of ook water, zouden er noodzakelijk afslingeren. Zelfs al let men er op, dat er niet één ring maar dat er twee ringen bestaan, dan verandert dit de zaak niet. Dezelfde opmerking zou dan

gelden zoowel voor den binnensten als voor den buitensten ring.

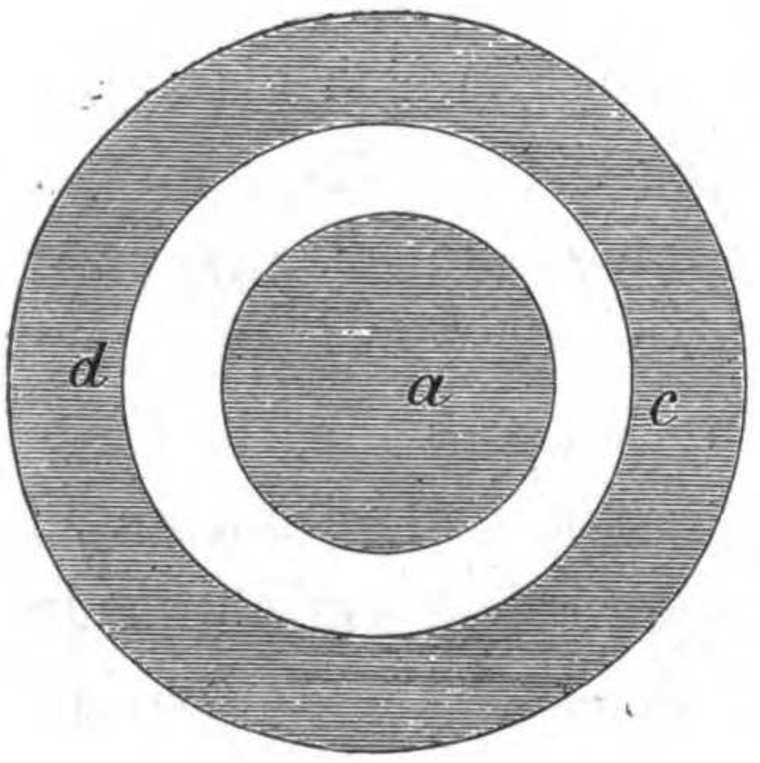
Fig. 530.



Er komt nog een tweede bezwaar bij. Stel er draait om een bol a, fig. 530, een vaste ring b; dan kan die toestand moeilijk lang blijven bestaan. Want die bol a trekt alle deelen van den ring aan, en er is alleen dan evenwicht denkbaar, zóó dat de ring op zijne plaats blijft, als het middelpunt van den ring juist met het middelpunt van den bol samenvalt.

Maar zoodra, zie fig. 531, die ring maar aan ééne zijde c dichter bij den bol is, dan aan de andere zijde d, dan zal de middelpuntvliedende kracht van het gedeelte d, ook grooter zijn dan die van het gedeelte c, en het gevolg zal zijn, dat de ring in de richting van c naar d zich naar de planeet begeeft, en om zoo te spreken met het gedeelte c op de planeet valt, zie fig. 532.

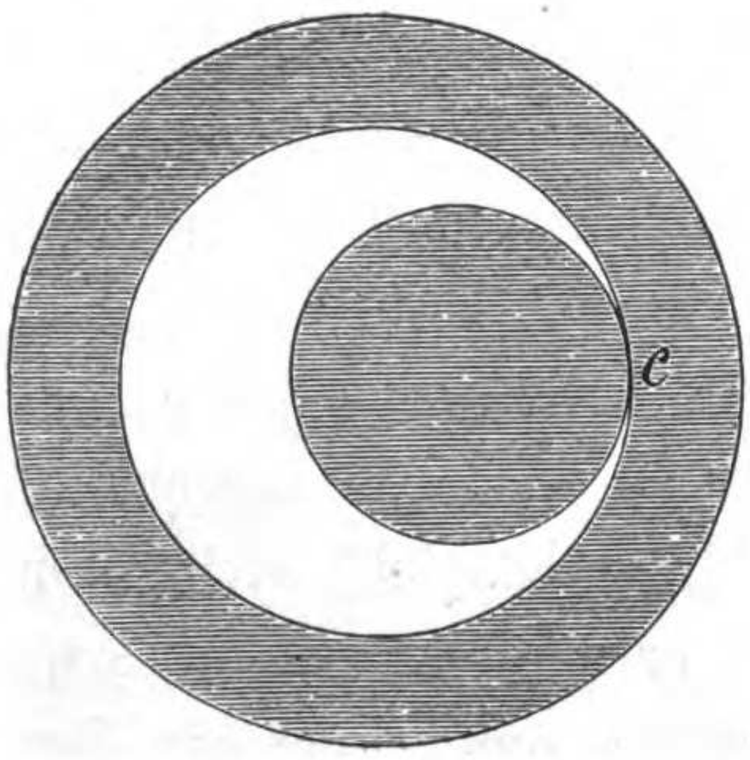
Fig. 531.



Hiervan nu zien wij niets gebeuren.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als nu de ring eens niet draaide?

Fig. 532.



DE HEER. Ook dan verkeeren wij in hetzelfde geval. De aantrekking van den bol op het gedeelte c, dat naderbij is, zou dan toch ook grooter zijn dan de aantrekking op het gedeelte d, dat verder af is, en het gevolg zou toch ook zijn, dat de ring op de planeet neerkwam. Nu zou men kunnen vragen: kan de ring dan niet vloeibaar zijn?

Maar ook hiertegen zijn gewichtige bezwaren. De sterrekundigen hebben met hunne instrumenten den ring gemeten en ervoor gevonden eene breedte van 5372 Duitsche mijlen; de dikte van den ring is te klein om te meten, zooals gij wel zult begrijpen, als ik u herinner dat alleen in de allergrootste kijkers en teleskopen de rand zichtbaar is, als wij den ring, zooals men zegt, op zijn kant zien.

Toch is er een middel bedacht, om ten minste eene schatting te maken omtrent de dikte van den ring. En dat is namelijk dat men eerst zoekt, hoeveel het gewicht, of liever gezegd de massa van den ring is, en daarna uitrekent hoe dik hij dan wel zijn moet, om zulk eene massa te bezitten.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe is dat dan gedaan?

DE HEER. Het spreekt wel van zelf, dat dit alleen door een sterrekundige gedaan kon worden, die tevens een uitstekend wiskundige was. Gij herinnert u, dat ik u al meer voorbeelden heb gegeven, dat van hemellichamen de massa gevonden wordt, door na te gaan hoe sterk zulk een hemellichaam een ander aantrekt. Welke lichamen zijn er nu in de nabijheid van den ring? Natuurlijk Saturnus en de wachters. Van de aantrekking op Saturnus is niets te merken, want Saturnus staat precies midden in den ring, en wordt dus van alle zijden even sterk aangetrokken. Een wachter, die, zooals de tweede, juist in de vlakte van den ring en dan nog wel in eene cirkelvormige baan loopt, is ook niet geschikt om iets aangaande de massa van den ring te leeren, want de aantrekking van den ring op zulk eenen wachter is altijd even groot en juist naar het middelpunt van Saturnus gericht; de ring doet dus in dat geval niets dan te veroorzaken dat de wachters zich evenzoo bewegen alsof de massa van de hoofdplaneet wat grooter is. Maar heeft een wachter eene tamelijk elliptische loopbaan, zooals de overige wachters, dan is er ten minste mogelijkheid eenige uitwerking te zien van de massa van den ring, want is de wachter heden in zijn dichtste punt, en over een halven omloop in zijn verste punt, dan is wel van

elk deeltje van den ring de aantrekking in de beide gevallen omgekeerd evenredig aan de tweede macht van de afstanden van dat deeltje tot den wachter, geheel overeenkomstig de bekende wet der aantrekkingskracht, maar datzelfde kan men niet van de aantrekking van den geheelen ring zeggen. De aantrekking van een bol werkt wel, alsof al zijne massa vereenigd is in zijn middelpunt, maar dit is niet het geval met de aantrekking van een platten ring, en het gevolg is dus dat de wachter niet geheel volgens de eerste wet van Keppler zijnen omloop in eene ellips volbrengt; uit de afwijkingen nu, die de wachters van Saturnus vertoonen, heeft Wilhelm Meijer, een jong Duitsch sterrekundige, afgeleid dat de massa van den ring omtrent $\frac{1}{1960}$ van de massa van Saturnus bedraagt.

Neemt gij nu in aanmerking wat ik u gezegd heb, dat de massa van Saturnus berekend is op 91 maal die der aarde, dan blijkt het dat de ring van Saturnus, hoe uitgebreid hij ook is, slechts omtrent $\frac{1}{22}$ van de massa der aarde bezit.

Omtrent de stof nu, waaruit de ring bestaat, verkeert men evenzoo in het onzekere als omtrent die, waaruit Saturnus zelf bestaat, en in die omstandigheid ligt het het meest voor de hand aan te nemen, dat die twee lichamen omtrent dezelfde dichtheid hebben; nemen wij dat aan, dan vinden wij door eene gemakkelijke berekening, dat de dikte van den ring ongeveer $1\frac{1}{2}$ Duitsche mijl moet bedragen.

Nu is de straal van den buitenrand des rings, (altijd naar de metingen van Kaiser) 18261 Duitsche mijlen, en de straal van den binnenrand 12889 d. mijlen. Het verschil, of 5372 Duitsche mijlen, is dus de breedte van den ring. Vergelijkt gij dat nu met de dikte, die wij $1\frac{1}{2}$ Duitsche mijl gevonden hebben, dan krijgen wij tot resultaat, dat die breedte omtrent 3600 maal grooter is dan de dikte.

Ik zeide u vroeger, dat de ring van Saturnus plat was, evenals een ring, dien men uit papier snijdt, gij ziet dit nu hierdoor bevestigd. Het papier, waarop dit werkje gedrukt wordt, heeft de dikte van nagenoeg $\frac{1}{11}$ millimeter; gewoon

postpapier omtrent $\frac{1}{8}$ millimeter; laat ons nu eens uit zulk postpapier een ring snijden, die met dien van Saturnus te vergelijken is, dan moeten wij hem geven

voor den binnenrand een straal van 780 millimeters
„ „ buitenrand „ „ „ 1100 „

Nu kan een vast lichaam alle mogelijke gedaanten hebben, al is het aan zich zelf overgelaten, dat wil zeggen: al bestaat het zonder ondersteuning in de wereldruimte. Men kan immers uit eene vaste stof, bijv. hout of steen, een bol maken, maar even goed een blok, een kubus, eene staaf of een ander lichaam; door de onderlinge aantrekking der deeltjes van dat lichaam zal het niet van gedaante veranderen, hetzij het hier op den grond staat, of dat het vrij in de wereldruimte rondzweeft.

Maar met eene vloeistof is dat geheel anders. Ik heb u vroeger eens gezegd, dat eene vloeistof de gedaante aanneemt van het vat, waarin zij besloten is. Dat is zeker ten deele waar, maar niet geheel. Want als het vat, bijv. eene kan, van boven open is, en ik giet haar half vol water, welke gedaante zal dan dat water aannemen? Natuurlijk voor zoo ver de hoeveelheid van dat water het toelaat, de gedaante der kan, maar van boven zal er eene horizontale watervlakte gevormd worden. Dit is nu een gevolg van de aantrekkingskracht der aarde. Is de kom, waarvan wij spreken, nu zeer groot, en de hoeveelheid water die in die kom uitgegoten wordt, evenzoo, dan zal de oppervlakte den vorm der aarde, namelijk die van een afgeplatten bol aannemen, zoo is het met de zee het geval.

Stel nu eens, dat eene groote hoeveelheid water aan zich zelf overgelaten wordt, niet op de aarde, maar in de onbeperkte wereldruimte, dan zal zij van zelf, door de onderlinge aantrekking harer deeltjes, de gedaante van een bol aannemen, en dat de zon en de planeten den vorm van bollen hebben,

geeft grond tot het vermoeden, dat zij of nog geheel vloeibaar zijn, of althans vroeger vloeibaar geweest zijn.

Wentelt een dergelijke bol om eene as, dan zal de vorm afgeplat worden, hetgeen niet noodig is, ingeval de stof, waaruit hij bestaat, geheel en al vast is. De afplatting, die bij Jupiter, Saturnus en de aarde wordt waargenomen, bevestigt alweer het vermoeden van de vroegere vloeibaarheid.

Nemen wij nu eens aan, dat Saturnus vroeger vloeibaar geweest is of het misschien nog is, en onderstellen wij dat de ring ook vloeibaar is.

Men kan door de wiskunde de mogelijkheid hiervan onderzoeken; verscheidene wiskundigen hebben dit reeds gedaan, maar zij hebben tevens gevonden dat een dergelijke ring, als ik u beschreven heb, en dan bestaande uit eene vloeistof, eene onmogelijkheid is. In de eerste plaats zou dadelijk al niet zoo een platte ring, maar wel een ronde ring, of liever een, waarvan de doorsnede eene ellips was, bestaanbaar zijn; maar dat bestaan zou toch niet van langen duur kunnen zijn. De binnenste deelen zouden moeten omwentelen juist met dezelfde snelheid, die een wachter hebben zou, als hij zoo ver van de planeet af was, als de binnenkant van den ring; de buitenste deelen zouden evenzoo met dezelfde snelheid moeten omwentelen als een wachter, die even ver van de planeet af was, als de buitenkant van den ring; die snelheid zou natuurlijk minder zijn dan de vorige. Het gevolg zou nu zijn dat de verschillende deelen der vloeistof, doordien zij ongelijke snelheden hadden, tegen elkander aanwreven, en daardoor zou die snelheid aanhoudend moeten verminderen, maar daardoor zou ook de middelpuntvliedende kracht verminderen; door de aantrekking der planeet zou de ring al nauwer en nauwer worden en al zeer spoedig op de planeet vallen.

Er blijft nu nog ééne onderstelling over, en de meeste sterrekundigen zijn van oordeel, dat men genoodzaakt is die aan te nemen; deze is, dat de ringen uit een aantal kleine lichamen bestaan, die evenals wachters om de planeet wentelen; die

zoo talrijk zijn, dat wij met de sterkste kijkers ze niet afzonderlijk zien kunnen, en die, ieder met de snelheid die met zijnen afstand van de planeet overeenkomt, om die planeet wentelen.

Doch al wil men dat vooronderstellen, toch blijft er veel vreemds in den ring, of liever in de ringen van Saturnus over, dat niet verklaard is. In de eerste plaats, aangenomen, dat die ringen uit zulke afzonderlijke lichaampjes bestaan, waarom dan die scheiding in twee ringen? Waarom geeft de buitenste minder licht dan de binnenste? Wat beteekent de donkere ring? Bestaat die ook uit dezelfde lichaampjes maar in minder aantal? Men zou geneigd zijn het aan te nemen, maar dan is nog niet opgehelderd, waarom die ring als een *donkere* band over de planeet te zien is. Waarom is Saturnus de eenige planeet, die zulk een ring bezit, waarom geen der andere planeten?

Zoo ziet gij dat niettegenstaande de mensch reeds gedurende 3000 jaren den hemel tot een punt van onderzoek gemaakt heeft, niettegenstaande vooral nu, sedert Galilei, de natuuronderzoekers met veel meer zekerheid hunne onderzoekingen weten te doen dan vroeger, toen men meestal maar de eerste de beste verklaring te baat nam om een verschijnsel te verklaren, dat niettegenstaande al dat onderzoek er nog vele zaken zijn overgebleven, die wij niet bij machte zijn te verklaren.

---

§ 295.

VERDERE BESCHRIJVING VAN HET ZONNESTELSEL. WET VAN TITIUS.

DE HEER. Wij hebben nu Abdullah, al de planeten beschouwd die met het bloote oog kunnen gezien worden. Telt men er echter ook die planeetjes bij, die alleen door kijkers gezien kunnen worden, dan is haar aantal heel wat grooter.

Hoeveel planeten er in het geheel zijn, die om onze zon

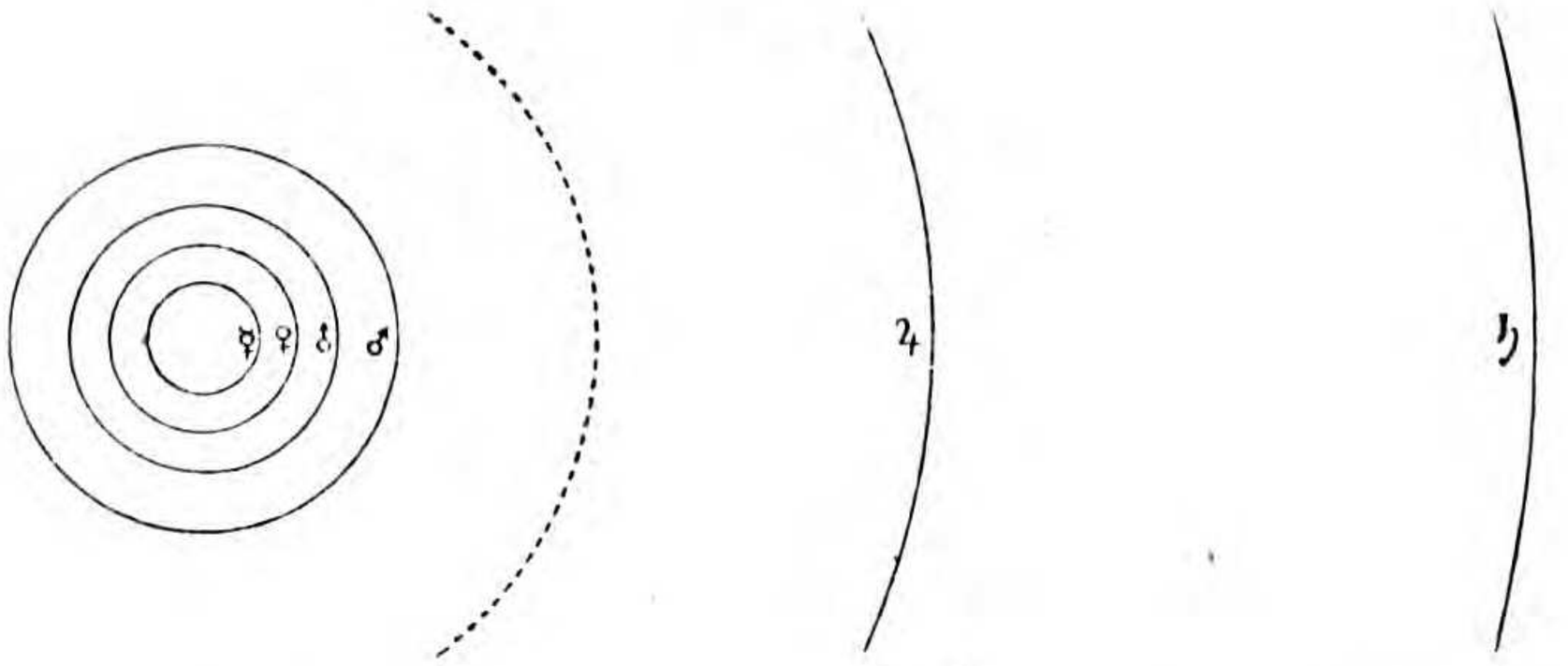
hare loopbanen doorloopen, is onbekend, want alle jaren worden er nog nieuwe ontdekt, maar in de plaats, die de loopbanen van al deze planeten in de ruimte innemen, zijn merkwaardige bijzonderheden op te merken, evenals in de grootten der planeten zelve.

Reeds in het midden der achttiende eeuw, dat wil zeggen, omtrent het jaar 1750, werden sommige onderzoekers getroffen door eene onregelmatigheid in de afstanden van de planeten tot de zon. Wel was het bekend dat in het algemeen elke twee volgende loopbanen verder van elkander afstonden dan de twee voorgaande, maar, er was toch nog eene gaping die deed vermoeden, dat er nog eene planeet onbekend was gebleven.

Want hernemen wij eens de middelbare afstanden, van de planeten tot de zon, namelijk van diegenen, waarover ik u reeds het een en ander verteld heb. De aarde telt dan even als vroeger mee, want ook zij is eene planeet. Die afstanden zijn, (blz. 34) de honderste deelen verwaarloozende:

van	Mercurius	☿	0,4	of in tiende	deelen	4;
„	Venus	♀	0,7	„ „	„ „	7;
„	de Aarde	♁	1,0	„ „	„ „	10;
„	Mars	♂	1,5	„ „	„ „	15;
„	Jupiter	♃	5,2	„ „	„ „	52;
„	Saturnus	♄	9,5	„ „	„ „	95.

Fig. 533.



Zie ook in fig. 533 de doorgetrokkene cirkels die op afstan-

den, aan deze getallen evenredig, om de zon zijn getrokken.

Zooals ik u zooeven zeide, viel reeds omstreeks 1750 de groote afstand tusschen de loopbanen van Mars en Jupiter in het oog. Trekken wij de op elkander volgende getallen van elkander af, dan vinden wij de volgende verschillen:

3, 3, 5, 37, 43.

Verscheidene sterrekundigen merkten op, dat als men dat getal 37 in twee ongelijke deelen splitste, de volgorde meer gelijkmatig kon worden, bijv.

3, 3, 5, 12, 25, 43.

Verder merkten de Fransche geleerde Bonnet en na hem de Duitsche geleerde Titius op, dat als men deze getallen een weinig veranderde, men verkrijgen kon

3 3, 6, 12, 24, 48.

Zondert men van deze rij van getallen het eerste uit dan is elk volgend getal tweemaal zoo groot als het voorgaande; men behoeft dus bij het eerste dezer getallen slechts het getal 4 op te tellen, en daarna elk volgend getal er weer bij te voegen, om eene reeks getallen te verkrijgen die zeer regelmatig opklimmen, en de afstanden der planeten van de zon tamelijk nauwkeurig voorstellen. De sommen namelijk zijn:

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

terwijl de afstanden der planeten tot de zon, uitgedrukt worden door de getallen

4, 7, 10, 15, 52, 95.

Gij ziet wel dat die getallen vrij nabij aan de vorige gelijk zijn, alleen het getal 28 ontbreekt er.

Daar nu Titius een van de eerste geweest is, die deze opmerking gemaakt heeft, wordt die regelmatige opklimming der planetenafstanden tot de zon wel eens de *wet van Titius* genoemd, maar het is niet juist, zulk eene misschien toevallige

eigenschap eene *wet* te noemen; want in de eerste plaats komt de gevondene regel niet goed uit; behalve dat de reeks voor Mars 16 in plaats van 15 en voor Saturnus 100 in plaats van 95 geeft, zou ook de eerste in de reeks verschillen $1\frac{1}{2}$ in plaats van 3 moeten zijn, namelijk de helft van het volgende getal 3; en de afstand van Mercurius tot de zon zou dus in plaats van 4, $5\frac{1}{2}$ moeten zijn, als wij ten minste de afstanden van Venus en de Aarde onveranderd op 7 en 10 lieten.

Maar een tweede grond om in die opklimming der afstanden geene *wet* te zien, is dat wij tot nog toe althans, geene *reden* kunnen aangeven, waarom die afstanden dien regel zouden volgen. Het is eigenaardiger te spreken van de *reeks* van Titius.

---

§ 296.

ONTDEKKING VAN URANUS.

Niet weinig was de geheele wereld in Europa verwonderd, toen in het jaar 1781 bekend werd, dat een muziekmeester in het stadje Bath in Engeland, een nieuwe planeet ontdekt had.

Gij zult wellicht vragen: wat verstaat men met te zeggen, dat die man eene nieuwe planeet ontdekte?

Dit zal ik u eens uitleggen. Gij weet reeds dat wij de sterren aan den hemel onderscheiden in vaste sterren en planeten. Nu zijn er twee zaken, waardoor de planeten zich van de vaste sterren kunnen onderscheiden: haar uiterlijk, als men ze door een kijker beschouwt, en hare beweging.

Die muziekmeester te Bath, was eigenlijk een Duitscher, met name Herschel. Hij was geboortig uit Hanover, dat toen ter tijd met Engeland vereenigd was, zoodat de koning van Engeland, George de derde, tevens koning van Hanover was. Herschel was vroeger stafmuzikant geweest, en met zijn regiment naar Engeland overgeplaatst. Later is hij in Engeland blijven wonen en was muziekdirecteur in de badplaats Bath.

Hij was behalve een uitstekend musicus, tevens een groot liefhebber der sterrekunde, en omdat goede kijkers toen ter tijd zeer duur waren, maakte hij zelf spiegelteleskopen, dat zijn eene soort van kijkers, die niet door een objectief van glazen maar door middel van een hollen spiegel een beeld van de voorwerpen geven. Ik zal u dit later wel eens uitleggen.

Toen het hem nu gelukt was, dergelijke teleskopen zelf te vervaardigen, maakte hij ze hoe langer hoe grooter en sterker, en toen hij een krachtigen teleskoop had, begon hij geregeld den hemel te beschouwen, en nauwkeurig op te teekenen al het bijzondere, dat hij nu en dan aanschouwde. Zoo vond hij een aantal dubbele sterren, evenzoo vele nevelvlekken. Maar ééns, het was den 13^{en} Maart 1781, vond hij in het sterrebeeld de Stier, op de plaats in fig. 534 door een kringetje aangegeven, eene ster die niet, evenals de andere vaste sterren, als een lichtend punt schitterde, maar die daarentegen eene merkbare schijf vertoonde.

Fig. 534.



Door die schijfvormige gedaante oplettend gemaakt, keek hij meer nauwkeurig toe, of de ster zich ook bewoog, en toen hem dat den volgenden avond gebleken was, wel het geval te zijn, was het ook tevens uitgemaakt, dat de nieuwe ster geene vaste ster was.

Het was eene planeet. Maar nu was de vraag natuurlijk: is dat nu die planeet, waarvan verschillende sterrekundigen reeds het bestaan vermoed hadden, die dus haar loopbaan tusschen die van Mars en Jupiter hebben moest?

Laat eens zien hoe men dat kon vinden. Stel eens dat de afstand van die planeet 28 was, terwijl die der aarde 10 was.

Die afstand is dus 2,8 als die der aarde 1 gesteld wordt. Nemen wij nu hiervan de derde macht, dan verkrijgen wij

$$2{,}8 \times 2{,}8 \times 2{,}8 = 21{,}952,$$

en als wij nu zoeken, welk getal met zichzelf vermenigvuldigd dit getal oplevert, dan verkrijgen wij 4,685.

Als gij u nu nog de derde wet van Keppler herinnert, dan zult gij begrijpen, dat door dit getal uitgedrukt wordt het aantal jaren, begrepen in den omloopstijd eener planeet, die eenen afstand tot de zon van 2,8 heeft.

De vraag was nu: loopt die nieuwe planeet in dien tijd, dus 4 jaar en ongeveer acht maanden, om de zon? En het antwoord was spoedig gegeven: in geenen deele. De nieuwe planeet bewoog zich zoo langzaam, dat er geen denken aan was haar voor de vermoede planeet tusschen Mars en Jupiter te houden. Eene planeet die in 4 jaar en 8 maanden om de zon loopt langs den geheelen omtrek van 360°, moet per jaar 77° afleggen. Maar het bleek al spoedig dat de nieuwe planeet slechts 4°17′ doorliep, en dus omtrent 84 jaren noodig had, om eens den ganschen omtrek des hemels te doorloopen.

De nieuwe planeet was dus niet de verwachte. Uit haren omloopstijd van 84 jaar kon weer door de derde wet van Keppler haar afstand tot de zon berekend worden.

Want de tweede macht van 84 is 7056, en onderzoekt men welk getal men in de derde macht moet verheffen om dit getal te krijgen, dan vindt men ongeveer 19,2.

Is dus de afstand van de zon tot de aarde = 10, dan is die van deze planeet 192.

Verre dus er van daan, dat de vermoede planeet tusschen Mars en Jupiter gevonden was, bleek het dat de nieuwe planeet nog verder dan Saturnus van de zon verwijderd was; en indien men naging, welk getal in de reeks

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

moet volgen, dan vindt men $100 + 96 = 196$, dus ten naasten bij den afstand der nieuwe planeet.

Die nieuwe planeet ontving den naam van Uranus, bij de Grieken den God van den hemel.

Het is later gebleken, dat hij vier wachters heeft, die alleen door de sterkste kijkers te zien zijn. Vreemd genoeg vallen de loopbanen dezer wachters niet, evenals die der wachters van de aarde, Jupiter en Saturnus, nagenoeg met de vlakte van de loopbaan der planeet samen, maar staan zij er nagenoeg loodrecht op. Ja, wat nog verrassender is, de beweging der wachters in deze loopbanen is *teruggaande*. Wij zullen nog maar één geval van teruggaande beweging in het eigenlijke zonnestelsel leeren kennen; het zijn dus zeldzame uitzonderingen.

De planeet zelf heeft eene middellijn omtrent 4 maal grooter dan die der aarde; doch door haren grooten afstand ziet men haar met den sterksten kijker slechts als een klein flauw verlicht bolletje, waarop men geene vlekken en waaraan men geene afplatting zien kan. Het is ons dus niet bekend in hoeveel tijd de planeet om hare as wentelt; evenmin hoe die as gericht is; maar daar de wachters zich in kringen bewegen, die nagenoeg loodrecht op de vlakte van de loopbaan der planeet staan, is het wel waarschijnlijk, dat de omwentelingsas der planeet nagenoeg in die vlakte der loopbaan ligt. Als dat zoo is, dan is het verschil in jaargetijden op de planeet Uranus zoo sterk als op geen enkele andere planeet. Niet alleen dicht bij de polen, maar tot zelfs dicht bij zijne evennachtslijn moet de zon zich, gedurende eenige van onze jaren, onafgebroken aan den hemel vertoonen, dan komt er, voor plaatsen in de nabijheid der evennachtslijn gelegen, een korter of langer tijdvak, dat de zon opkomt en ondergaat, — maar de dagen worden hoe langer hoe korter, — en eindelijk blijft de zon geheel weg, en hebben de plaatsen, die ik zooeven bedoelde, een langen nacht, die verscheidene van onze jaren duren kan.

Als men weet, waar men haar vinden moet, is zij met een tooneelkijker gemakkelijk als een sterretje van de zesde grootte te vinden.

Sedert hare ontdekking had zij in 1865 een vollen omloop om de zon volbracht, en is dus nu reeds aan haar tweeden omloop. Elk jaar komt zij, evenals de planeten Jupiter en Saturnus, in oppositie met de zon; dan duurt hare teruggaande beweging vijf maanden.

In het kaartje, fig. 535, is haar loop voor de jaren 1884—87

Fig. 535.



aangegeven. Hierbij valt het volgende op te merken. Den 26en September 1883 trad Uranus aan de rechterhand het vak binnen, dat in het kaartje is voorgesteld nabij de ster β van de Maagd, toen liep hij door tot den 2en Januari 1884, als wanneer hij daar, waar het pijltje het aanwijst, omkeerde, en den 16en Maart 1884 wederom dicht bij dezelfde ster in oppositie met de zon was, hetgeen door het teeken ☍ en den datum 16 III 84 is aangegeven. Den 13en Mei hield die teruggaande beweging, even buiten de grens van ons kaartje, op, en toen hernam de planeet hare rechtloopende beweging tot den 6en Januari 1885, als wanneer zij omtrent één graad bezuiden de ster η van de Maagd stond. In dien tusschentijd, nl. den 21en September, was zij in conjunctie met de zon, als wanneer zij gedurende eenigen tijd niet te zien was.

In 1885 duurde de teruggaande beweging van 6 Januari tot 6 Juni, in 1886 van 10 Januari tot 10 Juni enz., telken jare nagenoeg 4 dagen later dan het vorige. De oppositie was in 1885 den 21^{en} Maart, is in 1886 den 25^{en} Maart, in 1887 den 29^{en} Maart, enz.

Als gij nu op dit alles letten wilt, dan zal het u in de eerste jaren niet moeilijk vallen, in een helderen nacht zonder maneschijn met behulp van dit kaartje de planeet Uranus aan den hemel te vinden. Zij is in April 1882 in haar Perihelium geweest, en daardoor is zij thans duidelijker te zien dan anders. Zij doet zich namelijk thans voor als eene ster, die in helderheid het midden houdt tusschen eene ster der 5^{e} en eene ster der 6^{e} grootte, is dus in een donkeren nacht met het bloote oog zichtbaar en met een tooneelkijker zelfs zeer gemakkelijk.

De planeet Uranus wordt soms, kortheidshalve, aangeduid door het teeken ♅ of ook door $H\!\!I$. — Die letter H is de eerste letter van den naam des ontdekkers, Herschel.

---

§ 297.

OVER DE SPIEGELTELESKOPEN.

Ik heb u nog niet medegedeeld, wat een spiegelteleskoop eigenlijk voor een werktuig is, en dit wil ik u nu wel gaarne doen.

Gij herinnert u, dat ik u reeds heb medegedeeld, hoe een verrekijker of, zooals men dikwijls eenvoudig zegt, hoe een kijker is samengesteld, en waarom men daarmede de voorwerpen in de verte vergroot ziet. Gij herinnert u, dat ik u verhaald heb, dat de kijkers in het jaar 1608 door Lippershey werden uitgevonden, maar dat die kijkers, zooals zij toen en nog geruimen tijd daarna waren, een gebrek hadden, dat namelijk de voorwerpen zich met een gekleurden rand voor-

deden, en dat men ook nooit die voorwerpen geheel scherp zag. Dit gebrek, dat zijn oorsprong daarin heeft, dat het witte licht samengesteld is uit licht van verschillende kleuren, dat ook elke kleur eene bepaalde wijze van breking heeft, is pas uit den weg geruimd, toen in 1758 Dollond te Londen de kleurlooze kijkers uitvond, door het objectief of voorwerpglas uit eene vergrootende kroonglaslens en uit eene verkleinende flintglaslens samen te stellen.

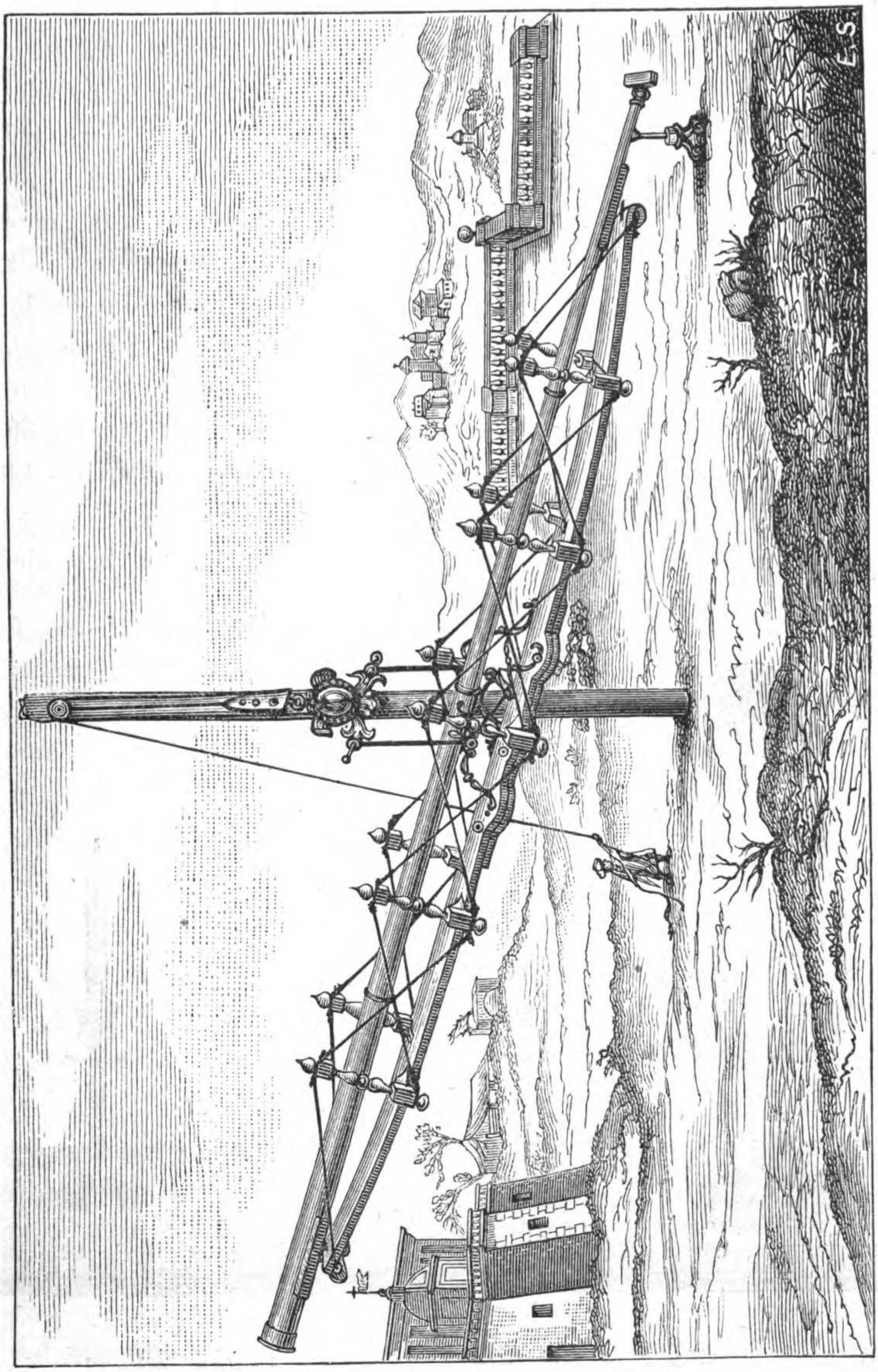
Gij ziet dus, dat tusschen die twee tijdstippen eene tusschenruimte ligt van 150 jaren. In dat tijdvak zijn wel degelijk toch zeer belangrijke ontdekkingen op het gebied der sterrekunde gedaan. Ik wil niet spreken van de ontdekkingen door Galilei gedaan, nl. die van de wachters van Jupiter, de schijngestalten van Venus, de bergen en kraters op de maan, de sterren, waaruit de melkweg bestaat, want deze zaken, hoe belangrijk ook, waren al met een kleinen kijker te zien, zooals Galilei te zijner beschikking had.

Maar ik bedoel nu de ontdekkingen, waartoe zoo een kleine kijker te kort schoot, en dus grootere en meer volkomene hulpmiddelen noodig waren. Huygens ontdekte in 1656 den ring en een wachter van Saturnus, Cassini ontdekte nog meer wachters van Saturnus, die slechts zeer moeilijk te zien zijn; verscheidene waarnemers van die tijden, ik bedoel van voor en na het jaar 1700, namen getrouw Jupiter waar, de omwentelingstijd van hem om zijne as werd bepaald, en andere ontdekkingen werden gedaan. Maar door welk middel werden nu de kijkers van dien tijd zoo volkomen gemaakt, dat zulke ontdekkingen mogelijk werden? Eenvoudig door ze bovenmatig lang te maken in vergelijking tot de middellijn van hun objectief.

In fig. 536 ziet gij eene afbeelding van zulk een gevaarte. Gij kunt begrijpen, welk een last het was, om met zulk een kijker waar te nemen. Een paal of liever een mast moest op een veld opgericht worden en daarboven een katrol aangebracht worden, waaraan de kijker hing. Voor het gemak

werd dikwijls voor het lichaam des kijkers niet eens een

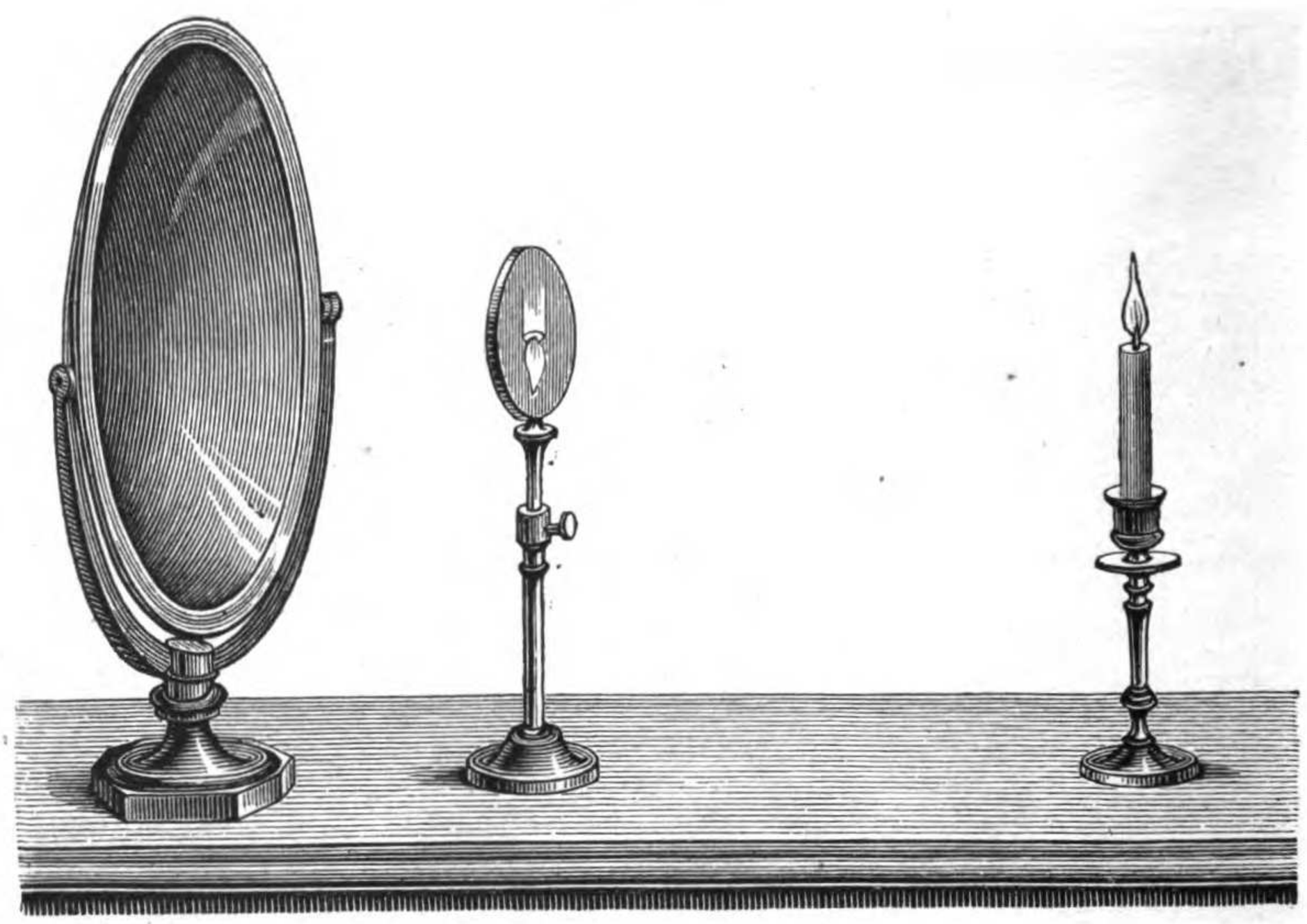
Fig. 536.



buis genomen, maar eene reeks plankjes, elk met een rond gat erin.

Onder de personen, die erover nadachten, of de sterrekundigen niet van een werktuig voorzien konden worden, dat meer gemak voor de beschouwing der hemellichamen opleverde, behoorde ook een Schotsch hoogleeraar, met name Gregory. Gregory oordeelde aldus: Bij het samenstellen van een kijker wordt met een vergrootglas het beeld beschouwd, dat door het objectief van een voorwerp in de verte gevormd wordt. (Gij herinnert u, dat ik u dat uitgelegd heb, vierde stukje, § 210 en 211). Nu is dat beeld niet geheel zuiver, tengevolge der kleurverspreiding, die bij de breking van het licht door het voorwerpglas plaats heeft. Maar er is nog een ander middel, om een beeld van een voorwerp te verkrijgen, en daarbij heeft men niet den minsten hinder van kleurverspreiding, en dat is namelijk, wanneer men dat beeld zich vormen laat niet

Fig. 537.



door een vergrootglas, maar door een hollen spiegel, zie

fig. 537, waar het beeld eener kaars, door den hollen spiegel links, gevormd wordt op dat half doorschijnend schermpje, dat in het midden staat.

ABDULLAH. Wel mijnheer, dat is merkwaardig; maar hoe komt dat beeld daar nu op dat schermpje?

DE HEER. Om u dat duidelijk te maken, moet ik u eerst opmerkzaam maken op een verschijnsel, dat gij wellicht honderden en duizenden malen gezien hebt, maar over welks verklaring gij wellicht nooit nagedacht hebt. Hebt gij wel eens in een spiegel gezien?

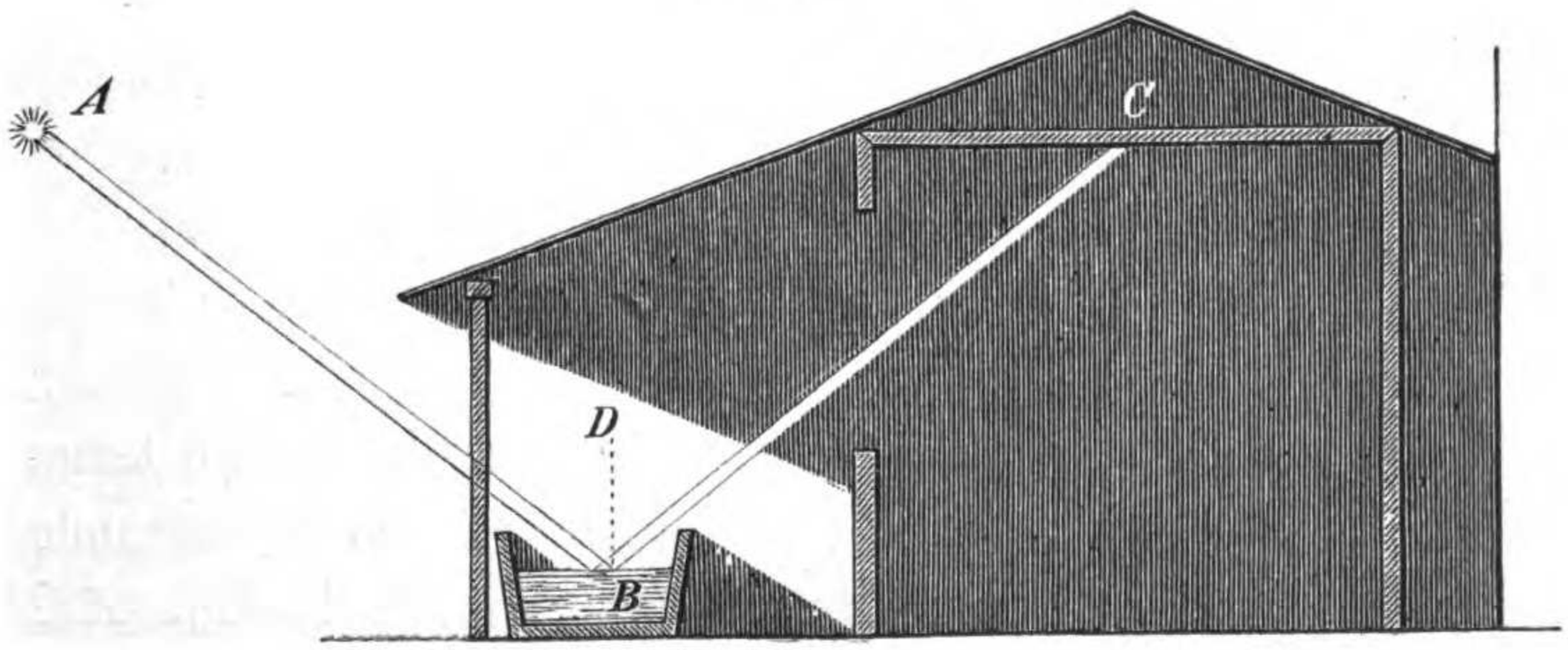
ABDULLAH. Wel zeker, mijnheer.

DE HEER. En hebt gij wel eens nagedacht, waarom gij daarin uw eigen gezicht ziet?

ABDULLAH. Neen, dat niet, mijnheer.

DE HEER. Welnu, dat zal ik u eens uitleggen. Ik moet u eerst herinneren, dat niet alleen een gewone glazen spiegel, waarachter zich tinfoelie bevindt, u een beeld van uw gezicht of van andere voorwerpen geeft. De Chineezen en Japanneezen maken hunne spiegels uit metaal, zonder glas ervoor. Dat metaal moet dan goed gepolijst zijn. Maar elke andere oppervlakte, die goed gepolijst of die geheel glad is, spiegelt evenzoo, maar de eene in mindere mate dan de andere. Gij weet toch wel, dat gij in een bak water of in een vijver of meer

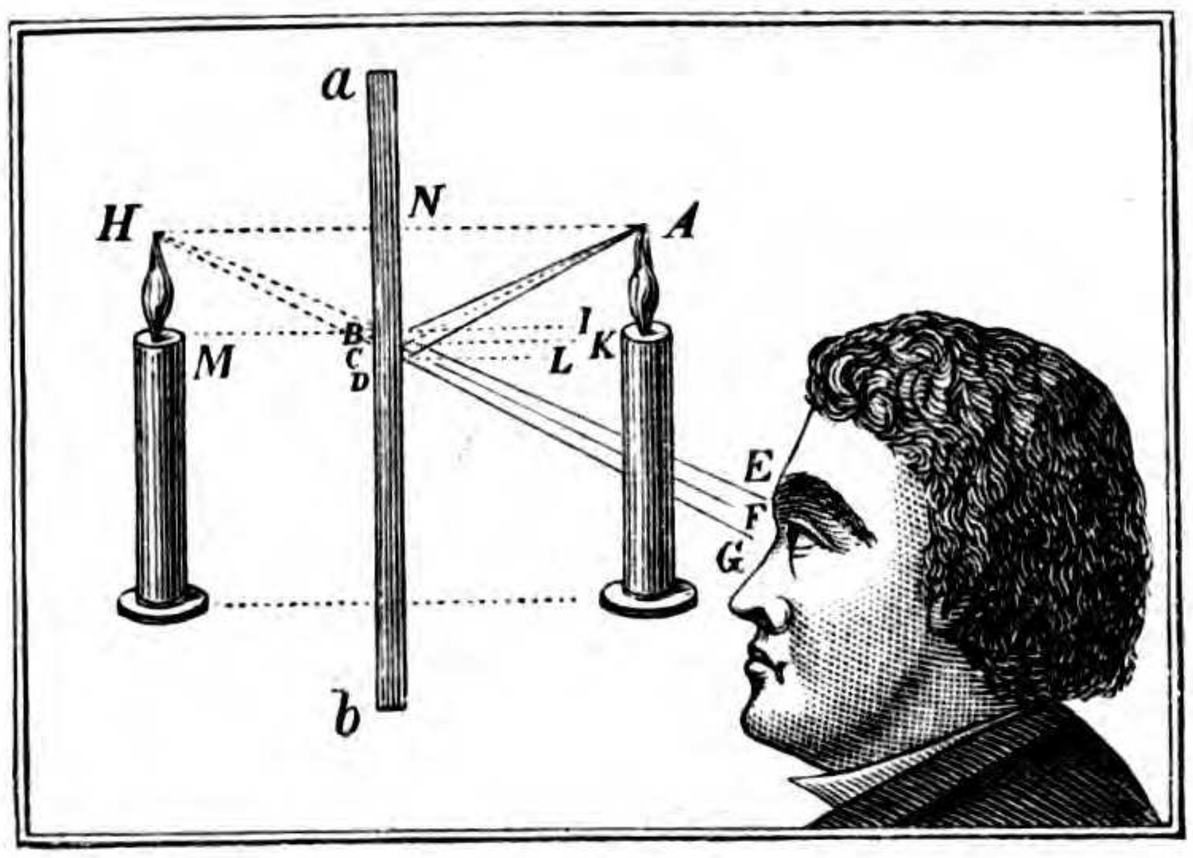
Fig. 538.



de voorwerpen gespiegeld zien kunt. Wat is nu de verklaring

van dat spiegelen? Gij begrijpt wel, dat achter dien spiegel het voorwerp, dat gij erin gespiegeld ziet, niet werkelijk bestaat. De eigenschap, waardoor gladde oppervlakten spiegelen, is de zoogenaamde terugkaatsing van het licht. Als de zon A in de richting $A\,B$ op het water schijnt, fig. 538, dan zullen hare stralen door het water worden teruggekaatst in eene richting $B\,C$, die met de loodlijn $B\,D$ op het watervlak, den zelfden hoek $D\,B\,C$ maakt, als de hoek $A\,B\,D$ dien de invallende straal $A\,B$ met diezelfde loodlijn maakt. Men noemt den hoek $A\,B\,D$ *den hoek van inval*, en den hoek $D\,B\,C$ *den hoek van terugkaatsing*; men kan dus zeggen dat als een lichtstraal op eene vlakke oppervlakte valt, hij teruggekaatst wordt, zoodanig, dat de hoek van terugkaatsing gelijk is aan den hoek van inval.

Fig. 539.



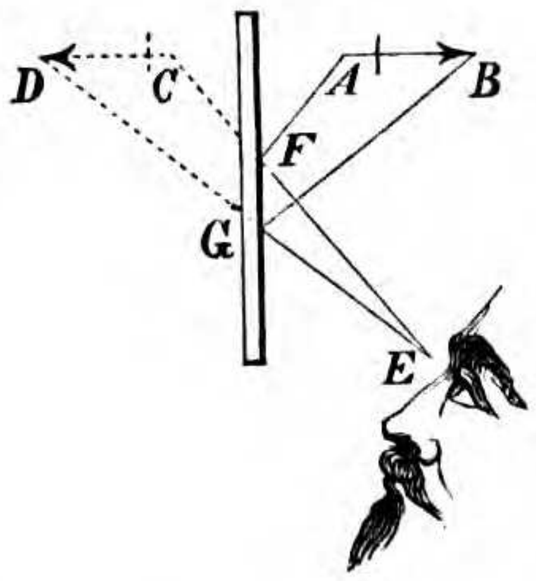
Als er nu uit een lichtend punt A, fig. 539, lichtstralen $A\,B$, $A\,C$, $A\,D$ vallen op eene spiegelende oppervlakte, dan zullen die lichtstralen alle volgens dezelfde wet teruggekaatst worden, zoodat dus

$$\text{hoek } E\ B\ I = \text{hoek } I\ B\ A,$$
$$\text{hoek } F\ C\ K = \text{hoek } K\ C\ A,$$
$$\text{hoek } G\ D\ L = \text{hoek } L\ D\ A.$$

En nu is het niet moeilijk aan te toonen, dat al die teruggekaatste lichtstralen rugwaarts verlengd zijnde, elkander ontmoeten in het punt H, dat op de verlengde loodlijn $A\ N$ ligt, die men uit het lichtend punt op de spiegelende vlakte kan neerlaten, maar dat even ver aan den achterkant van de

spiegelende vlakte ligt, als *A* aan den voorkant, en het gevolg hiervan is, dat de beschouwer zich verbeeldt, in *H* hetzelfde voorwerp te zien dat zich in *A* bevindt. Men noemt nu *H* het spiegelbeeld van *A*.

Fig. 540.



Als gij nu fig. 540, in een spiegel een voorwerp *A B* ziet, dan zal het gedeelte *A* zijn spiegelbeeld in *C*, en het gedeelte *B* zijn spiegelbeeld in *D* hebben, zoodat het schijnen zal als of het geheele voorwerp *A B* nog eens achter den spiegel aanwezig is, maar omgekeerd. Men noemt nu *C D* het spiegelbeeld van het voorwerp *A B*.

---

§ 298.

SPIEGELBEELD, VEROORZAAKT DOOR EEN HOLLEN SPIEGEL.

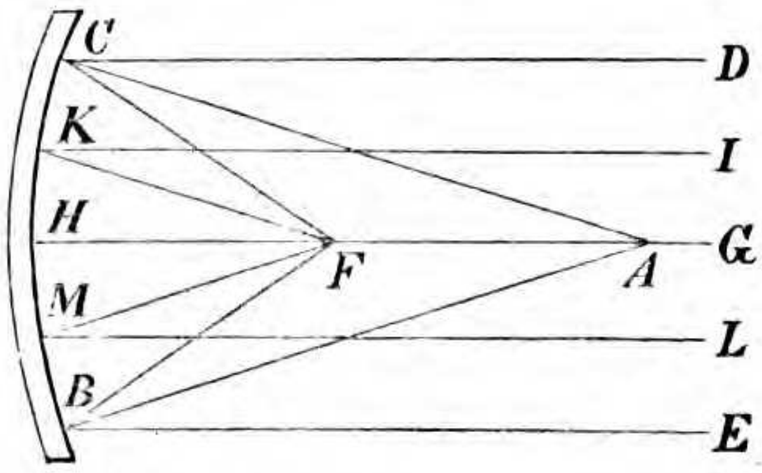
Dit beeld *C D* nu, hoewel het ons voorkomt alsof het bestaat, bestaat toch eigenlijk niet; dat wil zeggen, als ik daar, nl. achter den spiegel een scherm van mat glas, papier of eene dergelijke zelfstandigheid houd, dan vormt zich op dat scherm geen afbeeldsel van het voorwerp *A B*, om de eenvoudige reden dat de lichtstralen zelve zich daar niet ontmoeten.

Hetzelfde is het geval als ik, in plaats van eene platte oppervlakte, eene bolle oppervlakte neem, bijvoorbeeld eene glad gepolijste omgekeerde kom, eene metalen trekpot, of karaf, de bol van een thermometer, enz. Men ziet in dergelijke spiegels een beeld van de omringende voorwerpen, en van zich zelf, maar dat beeld is inwendig en bestaat dus eigenlijk niet.

Maar geheel anders is het geval bij een hollen spiegel. Zij

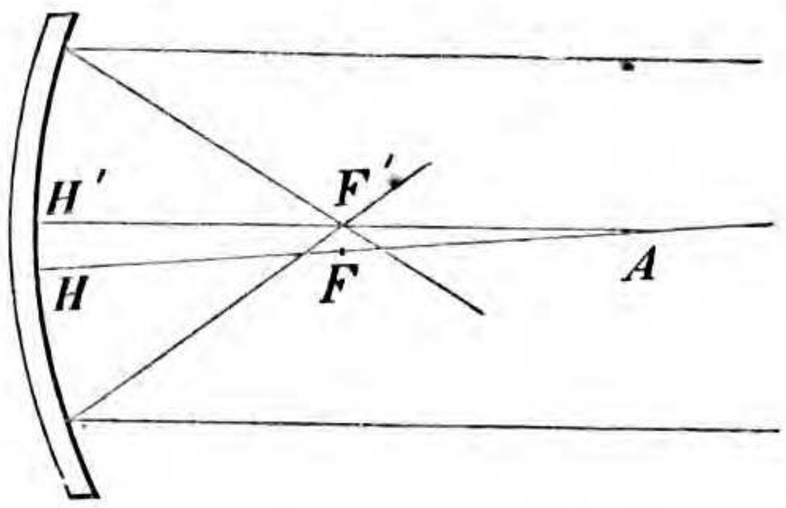
$C\ B$ (fig. 541) de doorsnede van een ronden hollen spiegel, die dus een gedeelte uitmaakt van een bol, waarvan A het middelpunt is. Zij H het midden van den spiegel, dan noemt men $H\ A$ de as van den spiegel. Als nu de middellijn $C\ B$ van den spiegel slechts een klein gedeelte van den straal $A\ B$ van den bol uitmaakt, bijv. hoogstens $\frac{1}{12}$ gedeelte, dan zullen stralen $C\ D$, $I\ K$, $M\ L$ en $B\ E$, die evenwijdig aan de as op den spiegel invallen, allen teruggekaatst worden naar hetzelfde punt F op de as, dat ongeveer op de helft van den straal $A\ H$ ligt. Komen die stralen nu van een zeer verafzijnd punt, bijv. eene ster, dan wordt er in F een beeld van die ster gevormd.

Fig. 541.



Vallen de stralen daarentegen niet langs en evenwijdig aan de as, op den spiegel, maar in eene richting, die daarmede een hoek maakt, (zie fig. 542), dan wordt het beeld gevormd op de helft F' van de lijn $A\ H'$ die door het middelpunt A in dezelfde richting als de invallende stralen gevormd wordt. Het punt F wordt het *voorname brandpunt* van den spiegel genoemd, en gij ziet nu wel dat er, evenals bij eene lens, hier in en nabij het voorname brandpunt een beeld gevormd wordt van de in de as des spiegels, maar verafgelegene voorwerpen. Dit beeld is nu werkelijk bestaande, dat wil zeggen, houdt men op de plaats die door F en F' is aangeduid, een klein stukje mat glas of wit papier, of een ander schermpje, dan zal men daarop de teekening kunnen zien van het voorwerp dat zich in de verte en in de as van den spiegel bevindt.

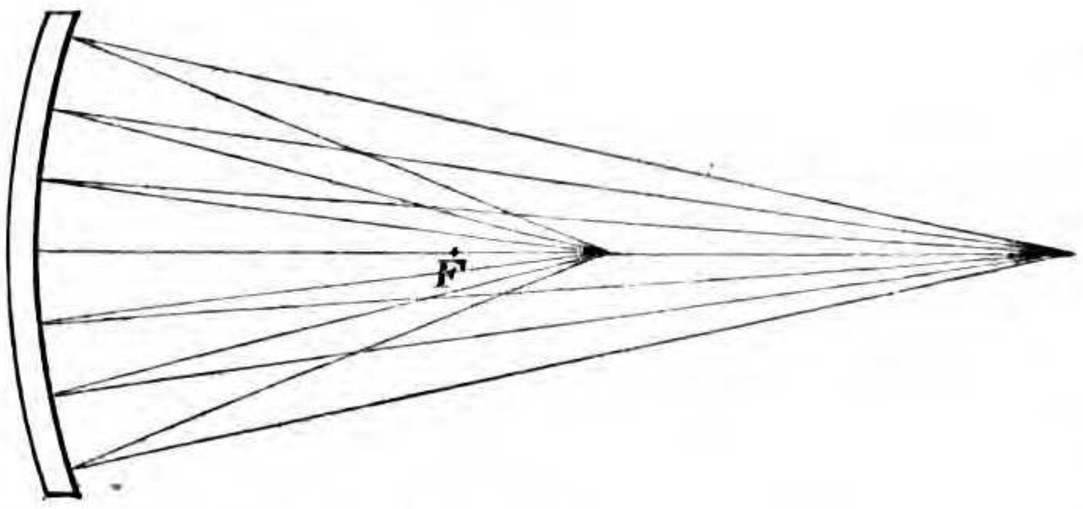
Fig. 542.



Is het voorwerp niet op zulk een ontzettend grooten afstand als de sterren, maar eenigszins dicht bij, zooals de kaars

in fig. 537, dan vereenigen zich de stralen wel in één punt, maar het ligt iets verder van den spiegel dan het voorname brandpunt, zooals gij uit fig. 543, duidelijk zien zult.

Fig. 543.



Men kan dus ook met zulk een spiegel even goed van eene kaars of lamp een beeld verkrijgen als met een vergrootglas, zie fig. 537.

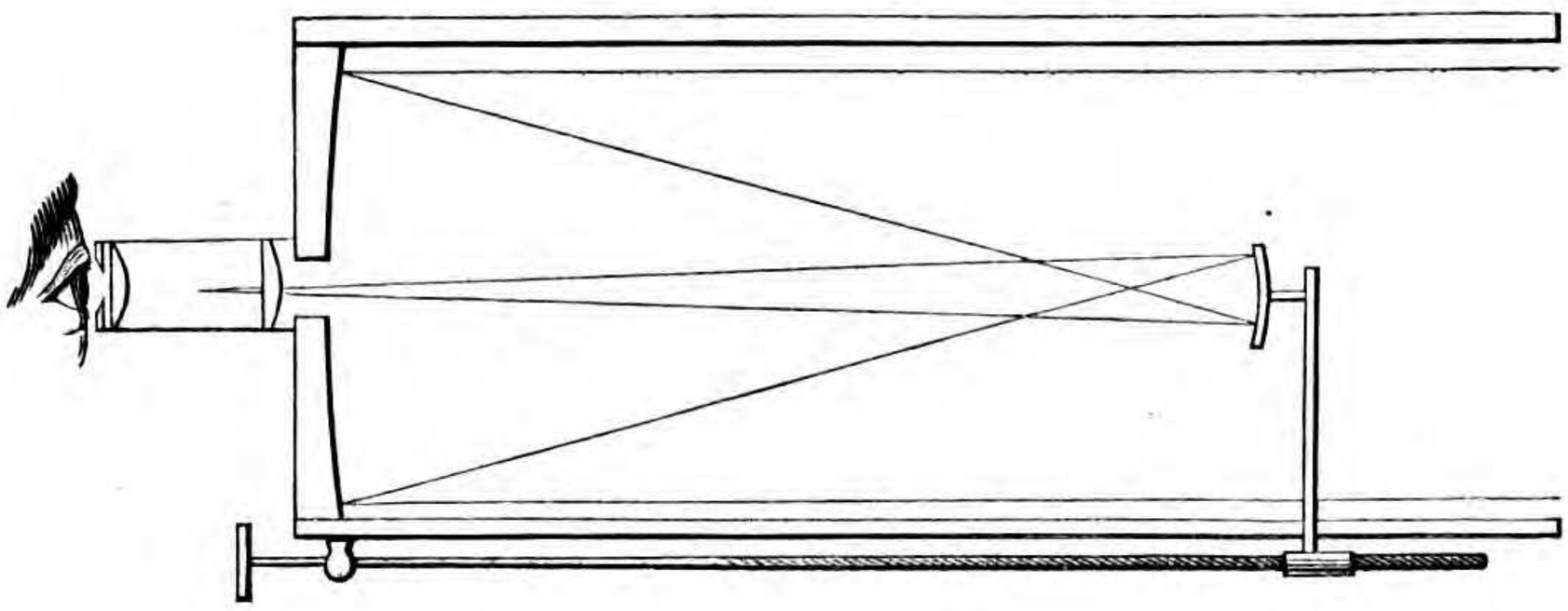
---

§ 299.

SAMENSTELLING VAN EEN SPIEGELTELESKOOP.

Indien men nu dat beeld eens, evenals in een kijker, met een vergrootglas wilde bezien, zonder het op een scherm op te vangen; dan zou men het hoofd tusschen F en A moeten houden, om de lichtstralen die door den spiegel teruggekaatst worden en door het punt F gaan, te kunnen opvangen, maar als men zijn hoofd daar houdt, dan onderschept men ook een groot gedeelte der stralen, die van het ver verwijderde voorwerp op den spiegel moeten vallen, en om dat nu te verhelpen bedacht Gregory om, fig. 544, een tweeden kleineren spiegel in de as

Fig, 544.

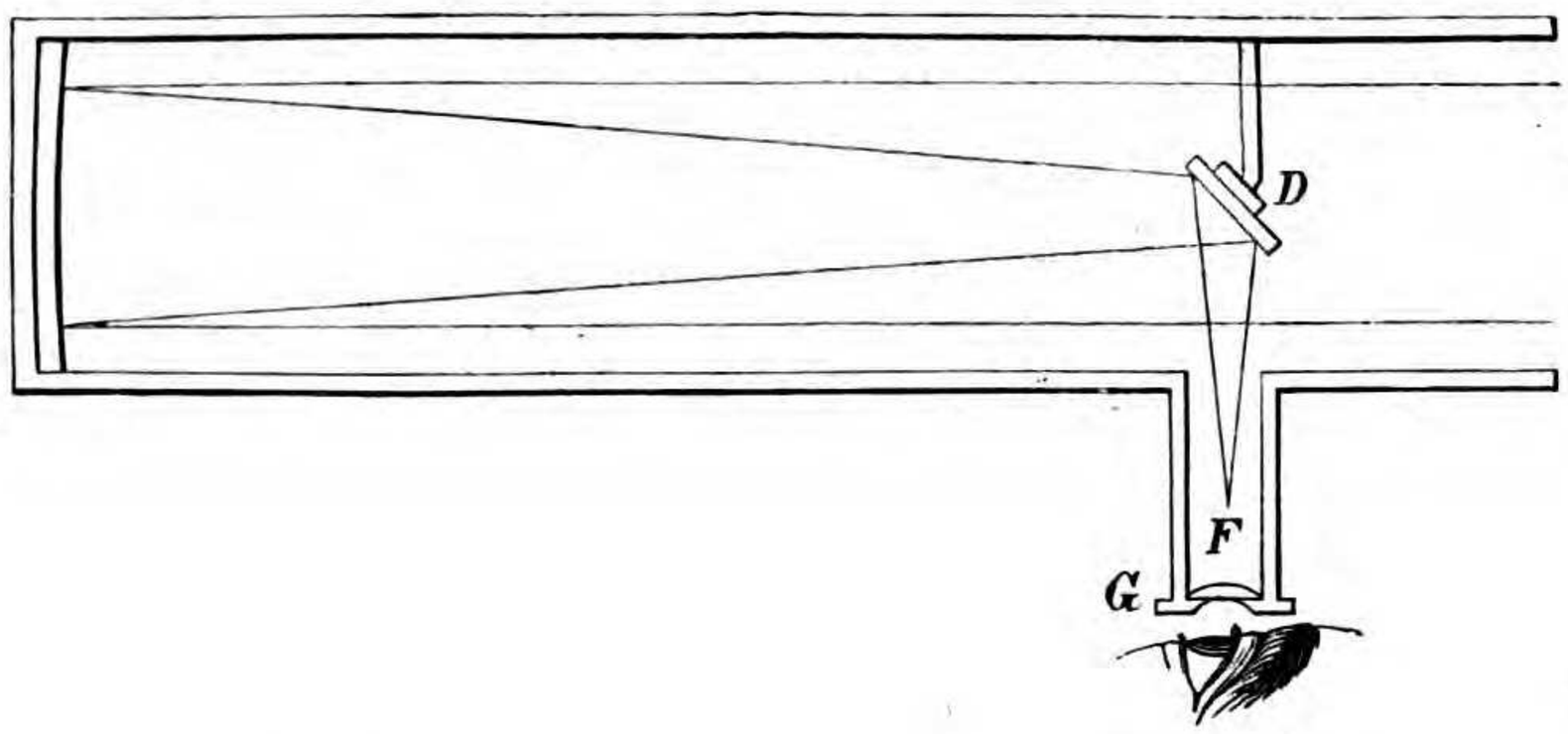


van den teleskoop te plaatsen, die het licht weder terugwierp

en wel door eene opening in het midden van den grooten spiegel. In zulk een teleskoop ziet men dus, evenals in een kijker, in de richting zelve, waarin hij gericht is.

Eene andere inrichting is die van Newton, fig. 545, en deze wordt nog tegenwoordig veel aangewend. Zij heeft het voor-

Fig. 545.



deel dat er in den grooten spiegel geen gat behoeft geboord te worden, waardoor zulk een spiegel dikwijls barst. In den teleskoop naar Newton wordt tusschen den hollen spiegel en het brandpunt een vlakken spiegel *D* in een schuinen stand aangebracht, daardoor worden die teruggekaatste stralen weder teruggekaatst en vallen nu in de richting *D F* uit de buis van den teleskoop, hier komen zij nu in het brandpunt *F* te zamen en worden dan daar door het oogglas *G* bekeken.

ABDULLAH. Maar mijnheer, welk voordeel geeft nu het gebruik van zoo een teleskoop? Ziet men er nu beter door dan door een kijker?

DE HEER. In één opzicht ja, namelijk men heeft hier geen hinder van kleurverspreiding. Alle lichtstralen, roode, oranje, gele, groene, blauwe, indigo of violette, alle kaatsen volgens dezelfde wet terug; door de terugkaatsing op den hollen spiegel kan men dus nooit gekleurde randen om de voorwerpen verkrijgen, evenals in de kijkers, waarvan het voorwerpglas maar uit één glas bestond. Een gevolg daarvan is dat het

beeld, dat door zoo een teleskoop gevormd wordt, veel zuiverder is dan het beeld, dat door een enkelvoudig voorwerpglas gevormd wordt, en dat men dus veilig dat beeld met een sterk vergrootglas bezien kan, zoodat men eene sterke vergrooting verkrijgt. Newton maakte in 1669 de eerst spiegelteleskoop; die teleskoop wordt nog in Londen bewaard. Hij was nog geene twee decimeters lang en vergrootte 40 maal, eene vergrooting, die men met de kijkers van dien tijd slechts kon bereiken, als zij omtrent twee meters lang waren.

Toen het nu bekend was, welk voordeel door de uitvinding der spiegelteleskopen bereikt was, werden die lange kijkers niet meer gebruikt, en zelfs nog na de uitvinding der Dollondsche kijkers met samengesteld voorwerpglas, bleven die spiegelteleskopen nog veel in gebruik, omdat die kijkers zoo duur waren. En dit is niet te verwonderen want om een goed voorwerpglas uit kroonglas en uit flintglas samen te stellen, moet men

1°. een stuk zuiver kroonglas maken, waar geene striemen of andere onzuiverheden in zijn,

2°. evenzoo een stuk zuiver flintglas maken,

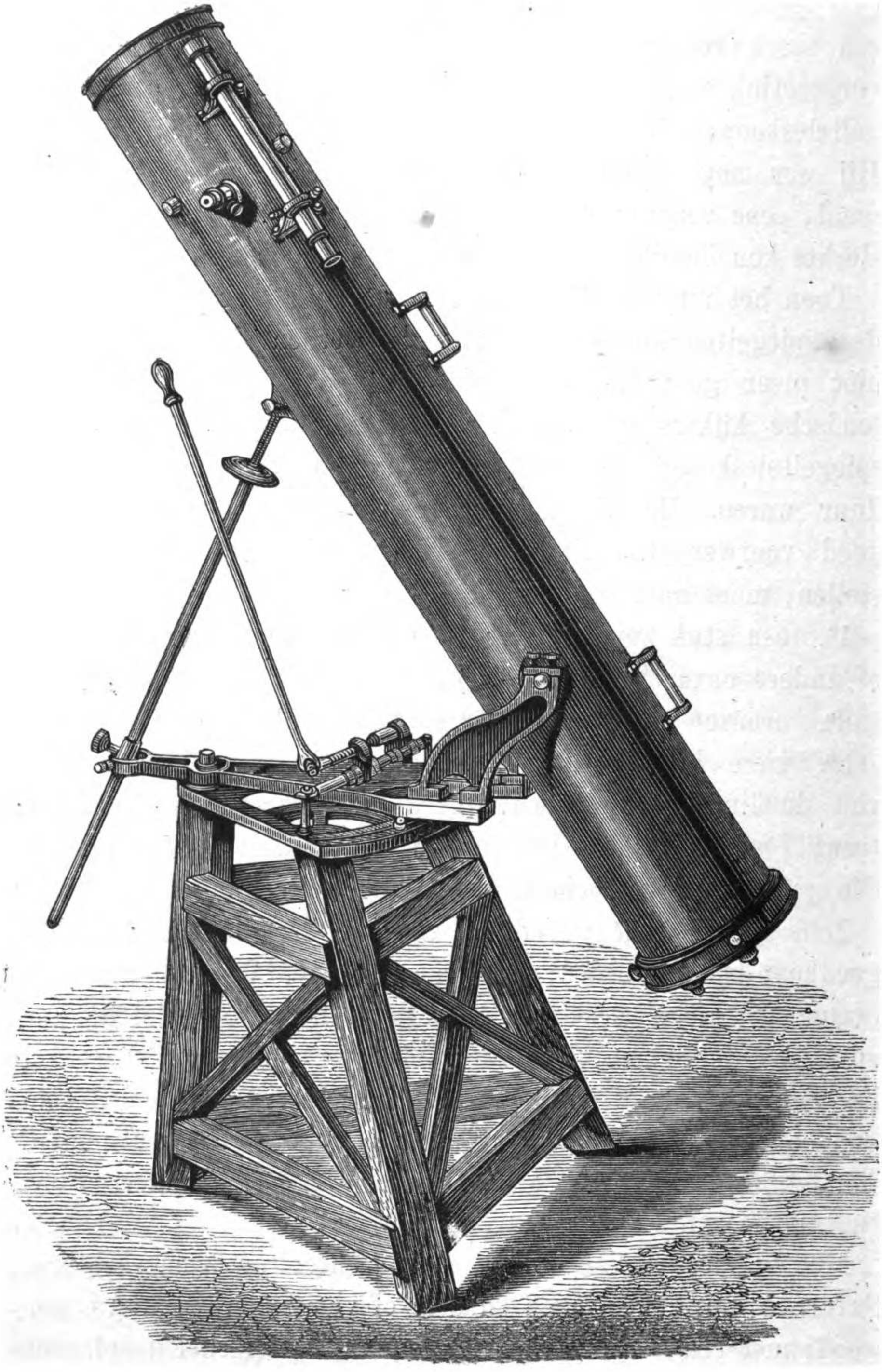
3°. twee kromme oppervlakken van de kroonglas- en twee van de flintglaslens slijpen, dus in het geheel 4 oppervlakken terwijl men voor het maken van een spiegelteleskoop slechts één grooten spiegel behoeft te gieten en te slijpen.

Zelfs in den tegenwoordigen tijd, nu de kijkers betrekkelijk goedkoop zijn geworden, worden er nog door de sterrekundigen evengoed spiegelteleskopen gebruikt. In fig. 546 ziet gij hoe zulk een teleskoop er uitziet, als voor ongeveer 450 gulden bij Browning te Londen te verkrijgen is. De spiegel die op den bodem van de lange buis ligt, heeft omtrent 15 centimeters middellijn, de buis zelf is bijna twee meters lang, de vergrootingen zijn van 100 tot 450 maal.

Met zulk een teleskoop ziet men Jupiter met zijne wachters, Saturnus met zijne ringen en drie of vier zijner wachters zeer goed; met een dergelijken teleskoop heeft Herschel de planeet

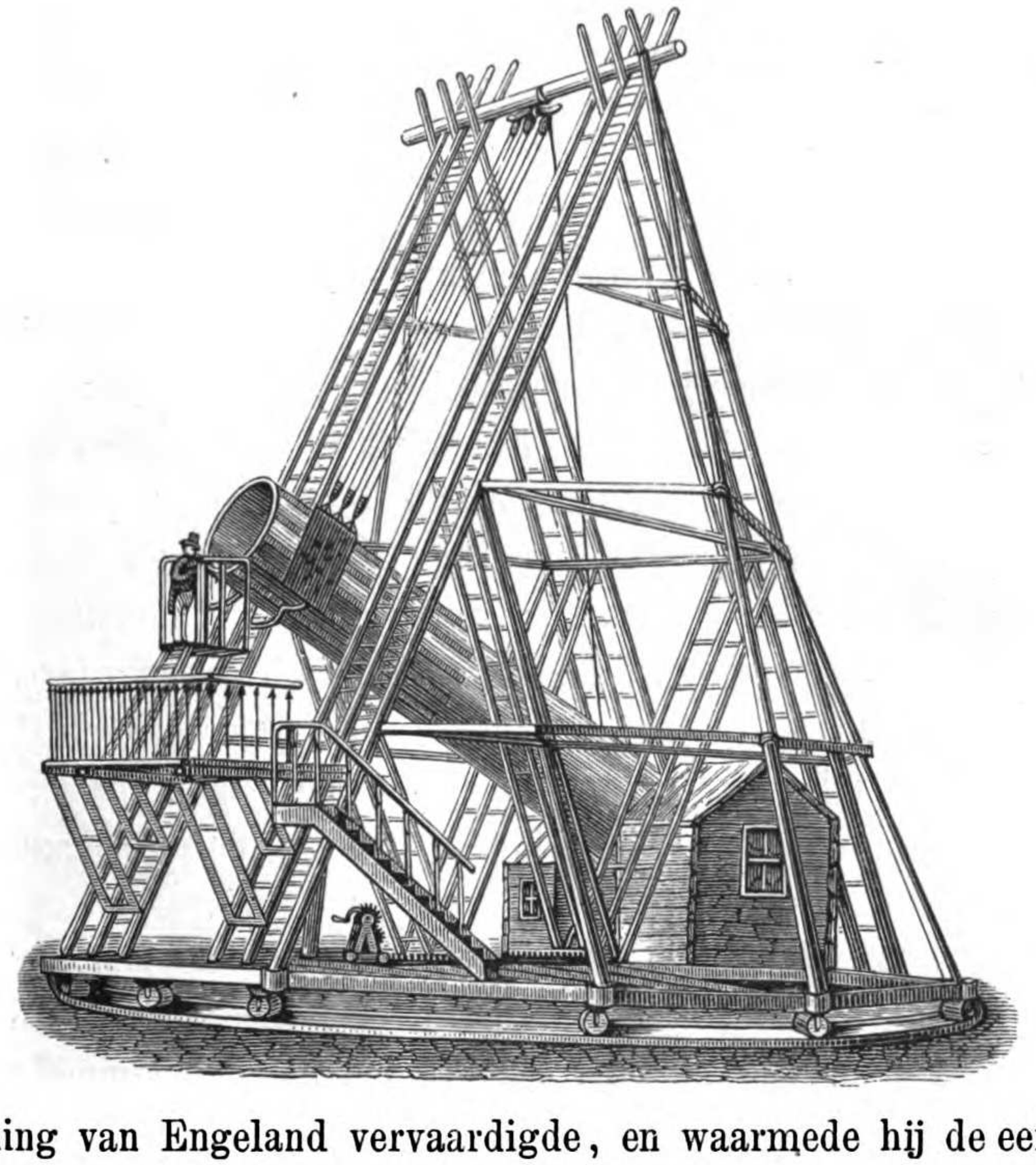
Uranus ontdekt, maar de wachters van Uranus kan men met

Fig. 546.



zulk een teleskoop niet zien. Voor zulke lichtzwakke voorwerpen moet de spiegel grootere oppervlakte hebben, maar dan moet de buis ook langer zijn, en de opstelling maakt dan ook weer veel meer bezwaar. Groote stellages worden dan noodig om den teleskoop naar goedvinden te kunnen richten. Fig. 547 stelt u den teleskoop voor, van 13 meters lengte, dien Herschel na de ontdekking van Uranus op kosten van den

Fig. 547.



koning van Engeland vervaardigde, en waarmede hij de eerste twee wachters van Uranus ontdekt heeft.

Gij merkt hier eene bijzonderheid op, waarover wij nog niet gesproken hebben, de waarnemer staat niet op zijde van den teleskoop, zooals bij de inrichting naar Newton, maar kijkt over den rand naar den spiegel. Deze inrichting, waarbij men den *inkijk van voren* heeft, (waarnaar die inrichting genoemd

wordt, in het Engelsch *front-view*) heeft het voordeel, dat men er veel minder licht door verliest, dan bij het terugkaatsen door den schuinen tweeden spiegel in de inrichting naar Newton.

Fig. 548 vertoont u den teleskoop van Lord Rosse te Parsonstown in Ierland. Deze teleskoop heeft een spiegel van bijna twee meters middellijn en is iets meer dan 12 meter lang. De buis rust van onderen op eene soort van as, en wordt van boven tusschen twee muren bewogen, die in de richting van noord naar zuid gebouwd zijn, en ook de trappen en stellages dragen, die men beklimmen moet om boven bij het oogglas te komen. Met dezen teleskoop kan men dus niet den geheelen hemel overzien, maar alleen een betrekkelijk klein gedeelte aan weerszijden van den meridiaan.

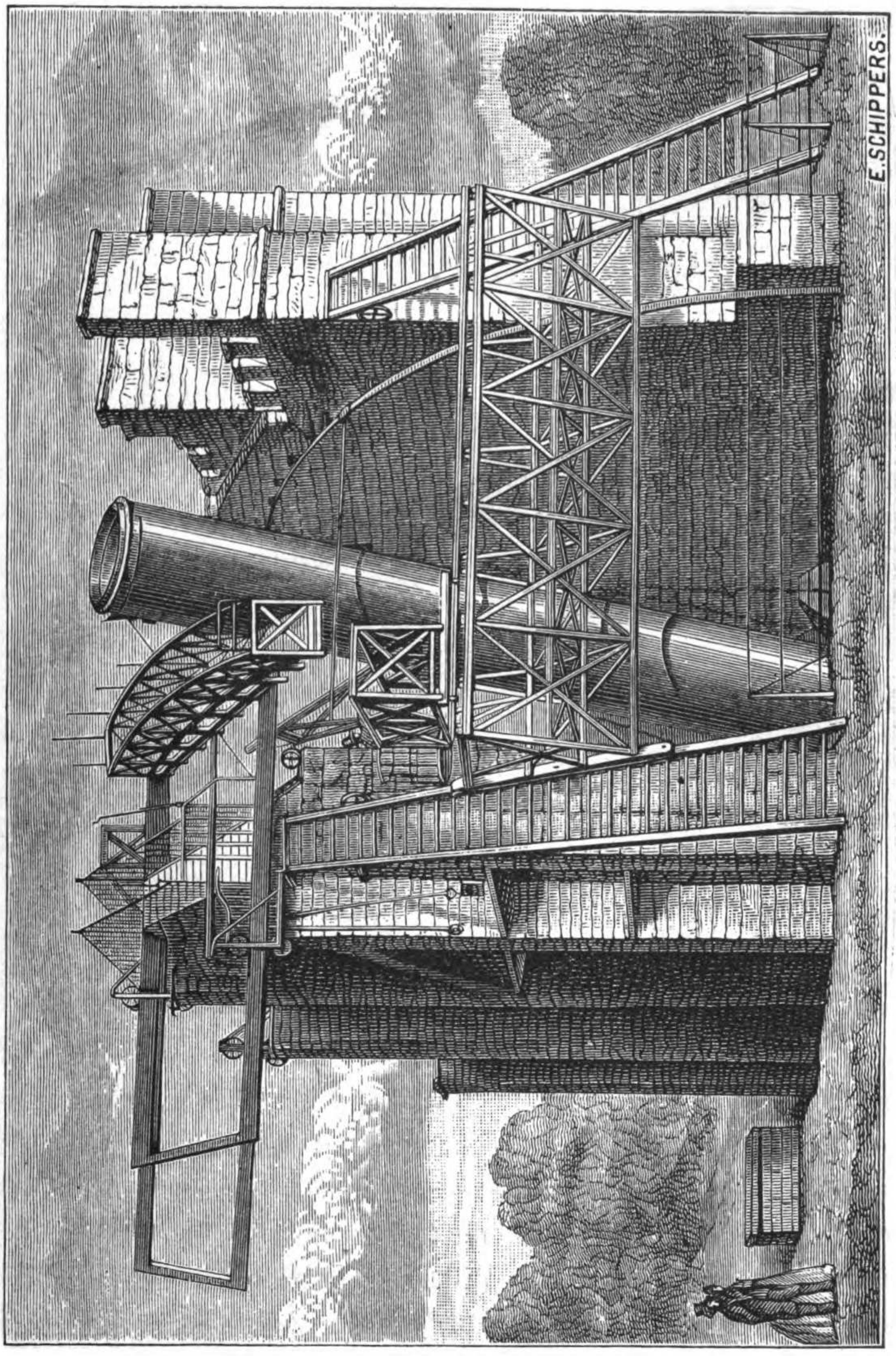
Fig. 549 eindelijk stelt den teleskoop voor, die voor eenige jaren te Melbourne in Australië is opgericht, Gij ziet hier, dat de buis van den teleskoop slechts uit gevlochten banden bestaat, deze zijn uit metaal, en zij zijn noodig om den kleinen spiegel van boven te bevestigen. De teleskoop van Melbourne is naar de inrichting van Cassegrain samengesteld, d. i. de groote spiegel is, evenals bij de inrichting naar Gregory, doorboord, maar de kleine spiegel is bol, en werpt de lichtstralen die hij van den grooten spiegel ontvangt, terug, door het ronde gat dat in het midden van den grooten spiegel gemaakt is.

ABDULLAH. Maar mijnheer, ik wilde u wel iets vragen. Kan men nu met zulke teleskopen zien of er menschen op de maan zijn, en zou men er nu bijv. een grooten boom op kunnen zien?

DE HEER. O neen, zoo ver kan men het met de kijkers en teleskopen nooit brengen. Er zijn verschillende omstandigheden, die dit beletten. Het eerste beletsel is onze dampkring. De lucht in den dampkring is nooit geheel en al stil. Er zijn altijd golvingen in de lucht, die veroorzaken, dat wanneer wij door een kijker naar een ver afgelegen voorwerp zien, dit voorwerp evenals de lucht eene op- en neergaande en heen-

en weergaande beweging schijnt te hebben. Die golvende

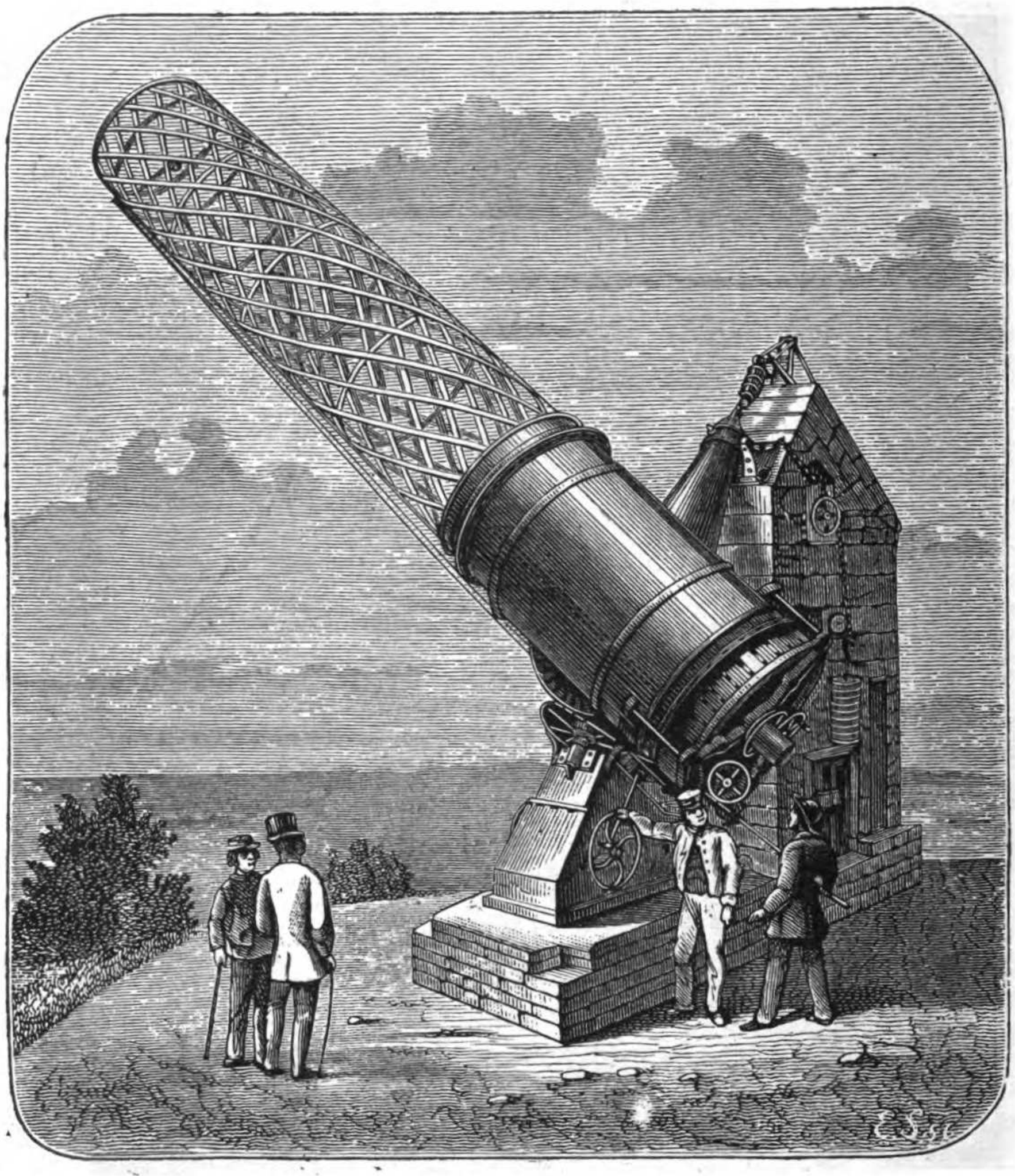
Fig. 548.



beweging hindert zeer om de scherpe omtrekken der voor-

werpen te onderkennen, en het spreekt van zelf dat zij toe-

Fig. 549.



neemt met de vergrooting. Wanneer iemand u een boek voorhoudt, dan zult gij het wel kunnen lezen, mits hij het stilhoudt, maar indien hij dat niet doet, en allerlei onregelmatige bewegingen op en neer, en rechts en links mededeelt, dan zal het u niet mogelijk zijn, het boek te lezen, nog minder indien iedere letter op zich zelf eene onregelmatige beweging aanneemt.

Die golving in de lucht van onzen dampkring is reeds zoo sterk, dat die groote kijkers en teleskopen slechts weinige

dagen in een gansch jaar, wanneer de lucht bijzonder stil is, met hunne volle kracht kunnen gebruikt worden. Elke kijker en elke teleskoop is gewoonlijk voorzien van een aantal oogbuizen, die verschillende vergrootingen geven, bijv. 80, 120, 180, 270, 405 maal.

Maar nu gebeurt het menigmaal, dat men van zulk eene reeks oogbuizen slechts de twee of drie zwakste gebruiken kan, en de sterkste niet, alleen wegens de hinderlijke golvingen in de lucht.

Nu zult gij wellicht vragen, waartoe dienen dan die groote kijkers en teleskopen? Want met een kleineren kijker kan men dikwijls ook wel eene vergrooting van bijv. 80 en 120 maal bereiken. Het antwoord hierop is eenvoudig dit, dat een groot glas ook veel licht opvangt; stel, dat de pupil van uw oog 5 millimeters middellijn heeft, dan krijgt gij van elke ster, als gij haar onmiddellijk beziet, geen meer licht in uw oog dan op een cirkel van 5 millimeters middellijn vallen kan. Maar gebruikt gij nu een kijker die een voorwerpglas heeft van 40 millimeters middellijn dan is die middellijn 8 maal grooter dan die van uwe pupil, en het licht, dat op zulk een cirkel valt 8×8 of 64 maal sterker dan hetgeen door uwe pupil kan doorgelaten worden. Hierdoor is het nu mogelijk, dat gij voorwerpen ziet, bijv. den heldersten wachter van Saturnus, dien gij nooit met uw bloote oog zoudt kunnen gewaar worden, zelfs in den donkersten nacht niet, en al was Saturnus er niet vlak bij. De reden dus, waarom getracht wordt kijkers te maken met zulke groote glazen en teleskopen met zulke groote spiegels is, dat daardoor de mogelijkheid ontstaat, zwakke voorwerpen te zien, die anders aan onze opmerking ontsnappen. Is de lucht bijzonder stil, dan is het wel waar, dat die groote kijkers en teleskopen sterkere vergrootingen kunnen verdragen dan kleine, en men zou dus oppervlakkig geoordeeld maar steeds moeten voortgaan met grootere kijkers en teleskopen te maken; maar hoe grooter men de voorwerpglazen of spiegels maakt, hoe meer men ook last heeft van allerlei onaangenaamheden.

Ik noemde u reeds de trillingen in de lucht, die altijd in meerdere of mindere mate aanwezig zijn. Maar, zoudt gij kunnen tegenwerpen, als wij nu op een top van een hoogen berg gaan, zijn wij dan niet van die luchtgolvingen grootendeels ontslagen? En hierop zou ik moeten antwoorden: ja! En om die reden worden ook hier en daar sterrewachten op bergen gebouwd. Zoo is er pas eene sterrewacht op de Etna gesticht, en in Californië heeft in 1875 een rijk man, met name James Lick, bij zijn overlijden eene groote som voor de stichting eener sterrewacht bestemd, en de executeuren van zijn testament zijn onlangs met de stichting dier sterrewacht op den berg Hamilton gereed gekomen. Hierdoor zal men stellig veel vorderen, en de sterrekundigen op die bergen kunnen met kijkers van dezelfde grootte zeker meermalen de sterkste vergrootingen gebruiken, dan de sterrekundigen in de laagte. Maar toch men mag doen wat men wil, er bestaat een tweede reden, waarom er aan die vergrootingen ook spoedig een einde komt. Gij herinnert u, dat ik u vroeger heb medegedeeld, (3e stukje § 104), dat het slechts schijn is, als men zich verbeeldt, dat men met het bloote oog duidelijk zien kan, dat de sterren bolletjes zijn. Ik heb u toen ook gezegd, dat die schijnbare ronde vorm een gevolg was van de gedaante van het lichte vlekje, dat door het licht, dat van de ster komt, op het netvlies van ons oog gevormd wordt, en dat de middellijn van dat vlekje kleiner wordt, naarmate het voorwerpglas van den kijker grooter wordt. Nu wordt dat vlekje, als men een kijker gebruiken kan, zoo groot en voortreffelijk als er tegenwoordig zijn, wel zeer klein, maar daar elk punt van de oppervlakte der maan of der planeten zulk een rond vlekje geeft, verhindert het toch, dat men, bij het beschouwen der maan of der planeten, een oogglas met eene zeer sterke vergrooting aanwendt. Gij kunt u hiervan eene goede voorstelling maken als gij een photographieportret beziet; zulk een portret geeft u immers het beeld terug, dat in het brandpunt van eene soort van kijker gevormd is, en dat de

photograaf om zoo te zeggen vastgelegd heeft. Al is het portret nu zeer goed, zult gij met een vergrootglas er niet veel meer op zien, dan gij met het bloote oog erop kunt onderscheiden. Gij zult bijv. wel de bloemen op een gebatikte sarong zeer netjes kunnen onderscheiden, maar de afzonderlijke draden van het katoen niet; zelfs al gebruikt gij daarbij een sterk vergrootglas.

Om dus bij even langen kijker de beelden scherper en scherper te verkrijgen, zou men wederom de voorwerpglazen grooter en grooter moeten nemen, ten einde daardoor van elk punt op een hemellichaam, bijv. de maan, een des te kleiner beeld en dus van het geheel een zuiverder beeld te verkrijgen. Maar nu komen er twee bezwaren. Ten eerste nemen de moeilijkheden, om de voorwerpglazen of spiegels te gieten, en te slijpen, in veel sterkere mate toe dan hunne middellijnen. Het voorwerpglas van den kijker die voor de sterrewacht te Weenen door den instrumentmaker Grubb geleverd is, heeft eene middellijn, of, zooals men van kijkers zegt, eene opening van 28 Parijsche duimen of 758 millimeters; het voorwerpglas van den nieuwen kijker op de sterrewacht op de Pulkowa bij St. Petersburg heeft eene nog grootere opening nl. van 781 millimeters; maar het is zeer de vraag of het gelukken zal, nog verder te gaan, want men moet voor de vervaardiging van zulk een voorwerpglas twee schijven gieten, één van kroonglas en één van flintglas, en die moeten beide geheel zuiver zijn, en met de uiterste zorg geslepen worden.

Met de spiegels voor de teleskopen kan men verder gaan; die van den teleskoop van Lassell had vier Engelsche voeten of 12 decimeters middellijn, doch deze wordt overtroffen door dien van den teleskoop van Lord Rosse, die 18 decimeters middellijn heeft. Het groote voordeel, in het gebruik van spiegels gelegen, is, dat de maker slechts ééne oppervlakte te slijpen heeft, in plaats van vier, zooals bij een objectief. Ongelukkig is er nu, zelfs al zouden de makers alle moeilijkheden weten te overwinnen, nog eene andere zwarigheid, die

belet, dat de afmetingen van voorwerpglazen en spiegels, en dus ook van kijkers en teleskopen, grooter en grooter genomen worden. Zoowel spiegels als glazen buigen door hunne eigene zwaarte door, als zij op den rand gesteund zijn; hierdoor verliezen zij hun vorm en als die doorbuiging te sterk is, worden zij voor een kijker of teleskoop onbruikbaar, want het beeld van de sterren of hemellichamen wordt er door bedorven. En bij de voorwerpglazen komt nog een ander ongemak bij. Maakt men ze grooter, dan moet men ze in het midden ook dikker maken, om die doorbuiging niet al te hinderlijk te maken, en dan slurpt het glas zelf te veel licht op, zoodat men dan aan den eenen kant weer verliest, wat men aan den anderen kant gewonnen heeft.

Gij ziet dus, dat de natuur aan de pogingen der menschen, om zijne vermogens uit te breiden eene grens gesteld heeft, die hij niet kan overschrijden; en het is niet onwaarschijnlijk, dat hij in het opzicht van kijkers en teleskopen, die grens al nabij gekomen is.

---

§ 300.

DE ONTDEKKING VAN CERES.

Daar het nu gebleken was, dat de planeet Uranus, wat haren afstand tot de zon betreft, vrij goed aan de wet van Titius voldeed, werd bij verschillende sterrekundigen de meening weer versterkt, dat er nog eene planeet moest bestaan, waarvan de loopbaan besloten was tusschen die van Mars en Jupiter. Toen Bode, hoogleeraar in de sterrekunde te Berlijn, in het jaar 1784 een boekje uitgaf, waarin hij alles verhaalde, wat op de ontdekking van Uranus betrekking had, voegde hij aan dat boekje eenige figuren toe, onder anderen eene, waarvan fig. 533 eene kopie is. De stippellijn, die gij hier tusschen de loopbanen van Mars en Jupiter ziet, toonde de plaats aan,

waar volgens hem eene planeet ontbrak, die wel waarschijnlijk den een of anderen tijd ontdekt zou worden. Eenige jaren later besloot een gezelschap van sterrekundigen, pogingen aan te wenden haar te zoeken. Zij redeneerden aldus: Al de tot nog toe bekende planeten hadden loopbanen, die nagenoeg in de vlakte der ekliptika liggen, de planeten zelve verwijderden zich dus, uit de aarde gezien, nooit ver van de ekliptika zooals gij uit de figuren 466—69 en 476 zelf gezien hebt. Ook de planeet Uranus, die zooveel verder van de zon af stond dan Saturnus, die tot nog toe voor de uiterste planeet van het zonnestelsel gegolden had, had weer eene loopbaan, waarvan de vlakte nagenoeg met het vlak der ekliptika samenviel; dus, redeneerden die sterrekundigen, als wij een band aan den hemel kiezen, slechts eenige graden breed, maar ter weerszijden van de ekliptika, en wij zoeken dien band vlijtig door, dan zullen wij de onbekende planeet, als zij bestaat, stellig wel vinden. Ja, al staat hare loopbaan tamelijk schuin ten opzichte der ekliptika, zoodat men volstrekt niet zeggen kan, dat zij nagenoeg in de ekliptika ligt, dan snijdt die loopbaan de ekliptika toch altijd in twee punten, den dalenden en den klimmenden knoop, en dus, als men maar steeds de ekliptika doorzoekt, moet men haar ten slotte wel vinden.

Het spreekt van zelf, dat ook hier weer hetzelfde gold, dat ik u vroeger zeide, namelijk, dat men op twee wijzen eene planeet kan onderkennen, òf door hare schijfvormige gedaante, òf door hare beweging. Met het bloote oog was het onderzoek natuurlijk niet te ondernemen, men moest dus goede teleskopen of kijkers gebruiken.

Om nu bij dat zoeken de planeet door hare beweging te onderkennen, was eene eerste vereischte goede sterrekaarten, dat zijn kaarten, waarop alle sterren, naar hare onderlinge ligging en naar hare helderheid, nauwkeurig zijn afgebeeld.

De kaarten moesten niet alleen bevatten al de sterren, die met het bloote oog zichtbaar waren, maar ook nog de sterren

die met een kijker van middelmatige grootte, zooals men voor het plan dacht te gebruiken, nog te onderscheiden waren. Daardoor werd de geheele arbeid nog al omvattend, want het maken van sterrekaarten kost veel tijd. Die sterrekundigen noodigden dus op het eind van het jaar 1800 verschillende anderen uit, om met hen den arbeid te deelen, en onder deze was ook de sterrekundige Piazzi te Palermo, op het eiland Sicilië.

Maar voordat nog Piazzi de uitnoodiging van die andere sterrekundigen ontvangen had, had hij reeds den 1^{en} Januari 1801 in het sterrebeeld de Stier, de gezochte planeet gevonden. Hij was namelijk bezig geweest, met een daartoe bestemd instrument, de plaatsen van een aantal sterren nauwkeurig te bepalen, en had de voorzichtigheid, hetzelfde werk altijd twee of meer avonden achter elkander over te doen, en de uitkomsten met elkander te vergelijken. Zoo vond hij, dat een sterretje, dat hij den 1^{en} Januari 1801 had gezien, den 2^{en} Januari zich verplaatst had, en daar die beweging ook de volgende dagen bleef aanhouden, zoo bleek het, dat het geene vaste ster kon zijn. Zij was te klein, om, zelfs door een kijker, eene schijfvormige gedaante te verraden, maar hare beweging was juist zoo sterk, als men dit van eene planeet tusschen Mars en Jupiter verwachten kon. Piazzi nam haar waar tot den 11^{en} Februari; in dien tijd bewoog zij zich aan den hemel, over een klein boogje, maar uit dit kleine boogje kon iedere sterrekundige toen spoedig afleiden, dat haar afstand tot de zon 2,77 maal den afstand van de aarde tot de zon bedroeg; dus als men den laatsten afstand = 10 stelt, evenals in de reeks, waarover de wet van Titius heet te gelden, dan is die afstand nagenoeg 28 deelen, geheel met de wet van Titius overeenkomstig.

De nieuwe planeet ontving van Piazzi den naam van Ceres, de godin van den landbouw. Het gestippelde boogje in fig. 533 stelt nu werkelijk vrij nauwkeurig hare loopbaan voor; maar die loopbaan ligt niet, zooals men dacht, nagenoeg geheel in

de vlakte der ekliptika, maar helt er omtrent 10½ graad mede, eene helling, die door fig. 550 wordt voorgesteld en grooter is dan van ééne der oude planeten.

Fig. 550.



Wat den vorm der loopbaan aanging, die bleek wel niet volkomen cirkelvormig te zijn, maar de excentriciteit bedroeg iets minder dan $\frac{1}{12}$ en de afwijking van den cirkelvorm was dus minder sterk dan bijvoorbeeld bij de loopbanen van Mars en Mercurius het geval was. Iedereen dacht dus, dat de planeet, die nog in het stelsel ontbrak, en wier bestaan lang vermoed werd, eindelijk gevonden was, en vooral de Berlijnsche sterrekundige Bode, die herhaalde malen het bestaan dezer planeet beweerd had, vond hierin, niet zonder grond, aanleiding, zich te verblijden, dat het inzicht, dat hij in de samenstelling van het zonnestelsel had gemeend te bezitten, gebleken was, zoo juist te zijn. Het eenige wat nog bevreemdend was, was de kleinheid der nieuwe planeet, want zij was niet helderder dan eene ster van de 8e grootte, en de sterren van de zesde grootte zijn de zwakste, die een scherp oog nog als er geen zon of maan aan den hemel is, zien kan. Maar dit kon toch ook zooveel verwondering niet baren, immers welk onderscheid is er niet tusschen de middellijn van Mercurius, die op 640 geographische mijlen berekend wordt, en die van Jupiter, die omtrent 9500 geographische mijlen bedraagt. De laatste is bijna 15 maal grooter dan de eerste. Er is dus geene reden om verwonderd te zijn, als van eene andere planeet de middellijn weer evenveel malen kleiner dan die van Mercurius is, en dit moet met Ceres ten naastenbij het geval zijn.

§ 301.

DE ONTDEKKING VAN PALLAS.

In het volgende jaar, 1802, gebeurde er in de sterrekunde iets, wat de sterrekundigen niet alleen, maar allen, die iets van het zonnestelsel afwisten, ten hoogste verbaasde. Het was nog zoo gemakkelijk niet, om uit dat kleine boogje, dat Ceres van 1 Januari tot 11 Februari 1801 aan den hemel doorloopen had, precies af te leiden, hoe de loopbaan van de nieuwe planeet Ceres gevormd was, en hoe zij lag met betrekking tot de ekliptika. Verscheidene sterrekundigen beproefden wel het te berekenen, maar namen daarbij aan, dat de loopbaan der nieuwe planeet een cirkel was; daarbij moesten zij ook aannemen, dat de beweging der planeet in dien cirkel geheel regelmatig was; maar het bleek hun dan bij de proef, dat die onderstelling onjuist was, want dat men geen cirkel kon verzinnen, die de zon tot middelpunt had, en die zoo gelegen was, dat als eene planeet hem met eenparige snelheid doorliep, de baan, uit de aarde gezien, juist het boogje zou vertoonen, zooals Piazzi dat geteekend had.

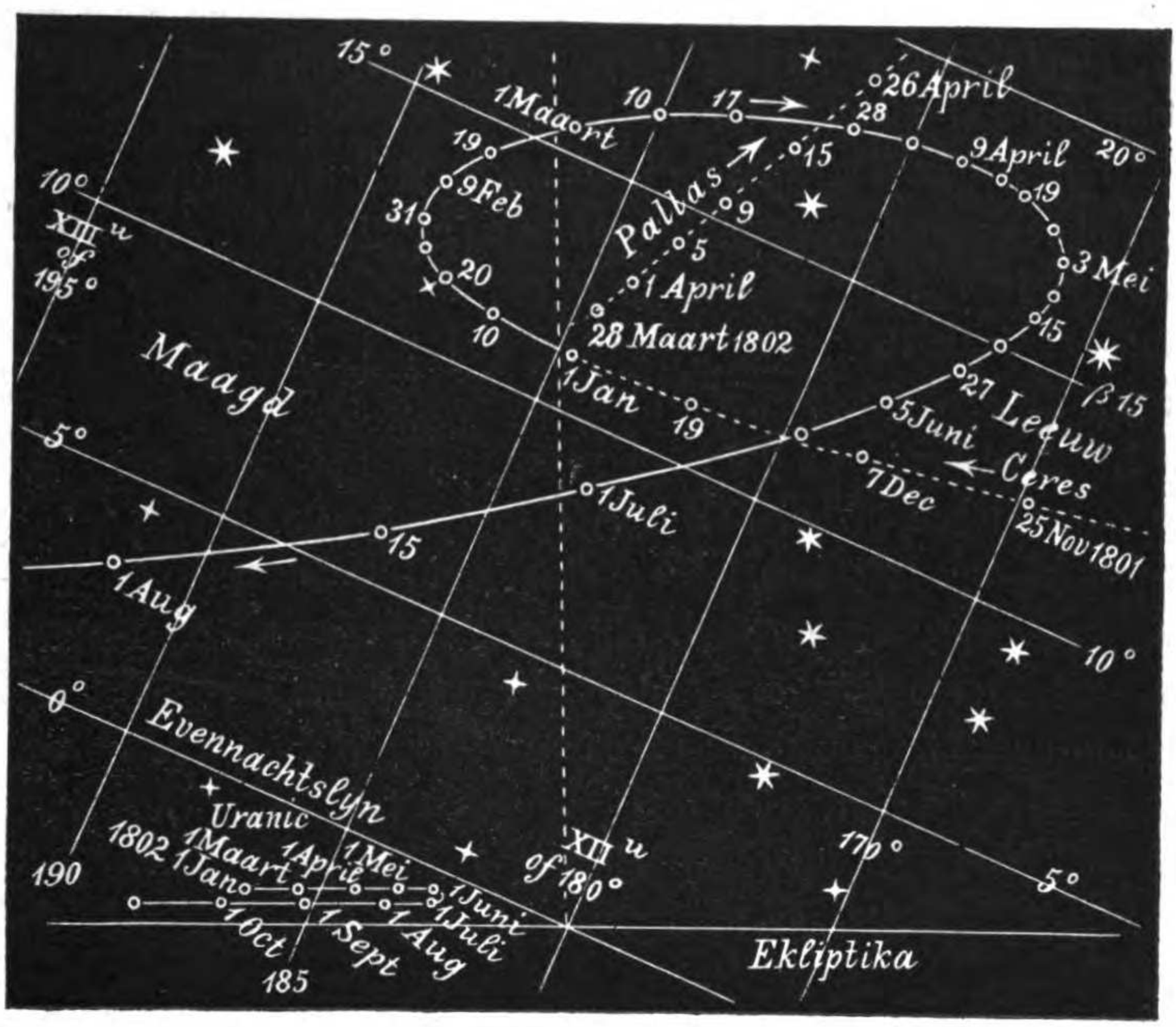
Het was dus duidelijk, dat de loopbaan der nieuwe planeet even goed eene ellips was als die der andere planeten, maar het was niet gemakkelijk den vorm en de ligging dier ellips te berekenen.

Er was toen te Göttingen in Hannover een zeer kundig, nog jong geleerde, met name Gauss; deze bedacht middelen, om het vraagstuk op te lossen; wel was het toen wenschelijk, dat dit door iemand opgelost werd, want als men de grootte, den vorm en de ligging der loopbaan niet goed kende, kon men ook niet berekenen, waar het volgende jaar de planeet weer teruggevonden moest worden. Gauss nu berekende met nauwkeurigheid den loop der planeet voor het volgende jaar; zijne uitkomst verschilde nog al aanzienlijk van die van andere berekenaars. Maar dat zijne berekening juist was, werd be-

wezen, doordien Ceres, den 1en Januari 1802 door Dr. Olbers te Bremen teruggevonden werd vrij na op de plaats, waar zij volgens de berekening van Gauss staan moest.

Olbers gaf natuurlijk dadelijk van zijne vondst kennis aan andere sterrekundigen, maar bleef getrouw de planeet alle dag volgen. Fig. 551 doet u zien, welken weg Ceres moest door-

Fig. 551.



loopen, en ook werkelijk doorliep. Gij ziet wel, dat die figuur zeer goed overeenkomt met fig. 466, zoodat gij daaruit ook wel kunt afleiden, dat Ceres in het jaar 1802, toen zij den 19en April in oppositie met de zon kwam, zeer dicht bij het hoogste punt van hare baan benoorden de ekliptika stond.

Maar wat gebeurde nu? Olbers, die dagelijks deze plek met zijn kijker bekeek, om telkens de plaats van Ceres nauwkeurig te bepalen, kende natuurlijk langzamerhand de sterren, die er stonden (en nog staan), zeer goed, maar den 28en Maart 1802,

terwijl hij weer naar Ceres zocht, vond hij ook, vlak boven de plaats, waar hij haar den 1en Januari te voren teruggevonden had, een ander sterretje, dat hij er vroeger niet gezien had. Natuurlijkerwijze volgde hij alle avonden dit nieuwe sterretje, dat zich, evenals Ceres, ook al scheen te bewegen, maar tot zijne bevreemding was de loop er van sterk hellende op de ekliptika. In fig. 551 ziet gij dit duidelijk. De schuine lijn die met een kringetje begint, waar 28 Maart bij staat, en die eindigt met een kringetje waar 26 April bij staat, stelt de loop van het nieuwe sterretje voor.

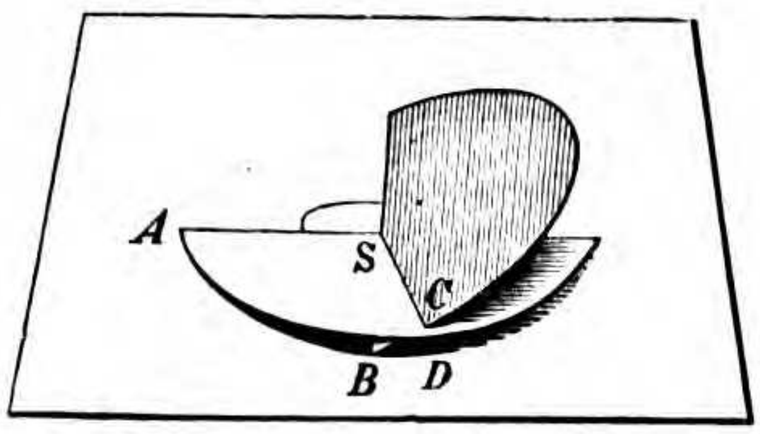
Uranus was het niet, die bewoog zich veel langzamer, en bijna geheel evenwijdig aan de ekliptika. Op dit zelfde kaartje is zijn schijnbaren loop voor de eerste tien maanden van het jaar 1802 aangegeven; gij ziet wel, hoeveel die loop verschilt van dien van de nieuwe ster door Olbers gevonden.

Nadat die nieuwe ster lang genoeg waargenomen was, om te onderzoeken of het ook eene planeet kon zijn, bleek het, dat dit werkelijk het geval was; haar omloopstijd was, vreemd genoeg, nagenoeg precies gelijk aan die van Ceres. Terwijl namelijk Gauss voor den omloopstijd van Ceres gevonden had 1683,6 dagen, vond hij dien van de nieuwe planeet die Pallas genoemd werd, gelijk aan 1684,1 dagen. Het zonderlinge van de zaak was dus, dat er, in plaats van ééne planeet twee gevonden waren, die nagenoeg dezelfde plaats in het zonnestelsel innamen. Dit streed geheel met alle begrippen, die men tot nog toe van het zonnestelsel gehad had.

Hierover nadenkende dacht Olbers, dat het niet onmogelijk zou zijn, dat beide deze planeten stukken waren van ééne planeet, die vroeger door de eene of andere oorzaak van één gesprongen was. Nu is het zeker, dat, indien eene planeet op een zeker punt harer loopbaan is, zij telkens na een omloop om de zon volbracht te hebben, weer door hetzelfde punt terugkomt. Als het dus gebeurd mocht zijn, dat eene planeet uiteengebarsten was, en elk van de stukken eene nieuwe planeet gevormd had, dan moet ook elk van

die stukken vroeg of laat door dat punt terugkomen, hoewel elk der stukken, volstrekt niet denzelfden omloopstijd behoeft te hebben. Alvorens dus verdere besluiten te trekken, moest Olbers nagaan of er werkelijk één punt in de ruimte bestond, waar zoowel Ceres als Pallas doorgaan, of zooals een wiskundige zou zeggen, waar hare loopbanen elkander snijden. In fig. 552 ziet gij in perspectief voorgesteld, hoe de beide loopbanen benoorden de ekliptika liggen. *S* is de plaats der zon. *A* is de klimmende knoop van de loopbaan van Ceres, *B* die van de loopbaan van Pallas; *S C* de lijn, langs welke de vlakken van beide loopbanen elkander snijden. Zooals in de figuur te zien is, loopt op dit punt de loopbaan van Ceres, verder van de zon dan die van Pallas. *S D* is bijna 2,6 maal zoo groot als de middelbare afstand tusschen de aarde en de zon, *S C* bijna 2,4; het verschil is dus 0,2, dus dat is nog altijd 4 000 000 geographische mijlen.

Fig. 552.



Aan de zuidkant daarentegen, die in deze figuur niet zichtbaar is, snijden de vlakken der beide loopbanen elkander langs eene lijn, die het verlengde van *S C* is; daar valt insgelijks de loopbaan van Pallas binnen die van Ceres, maar het verschil is minder groot. Langs dien zuidelijken kant dier snijlijn is de afstand van de zon tot de loopbaan van Ceres 2,93 maal zoo groot als de middelbare afstand van de aarde tot de zon, en de afstand van de zon tot de loopbaan van Pallas 2,85 maal, er is dus aan die zijde een verschil van slechts 0,08, of 1 600 000 geographische mijlen. Daar nu die beide planeten middellijnen hebben, die zeker nog geene 50 geographische mijlen beloopen, zoo zijn beide deze afstanden veel te groot, dan dat men zeggen kan, dat zij elkander in een punt snijden. Maar Olbers vermoedde, dat die loopbanen wellicht *in vroegere tijden* elkander konden gesneden hebben, maar dat *naderhand*, voornamelijk door de aantrekking der groote planeten, Jupi-

ter en Saturnus, die loopbanen allengs zoodanig van ligging waren veranderd, dat er nu tusschen beide zulke groote afstanden gekomen zijn. Hij besloot dus tot de mogelijkheid, dat er nog meer stukken van zulk eene planeet ook loopbanen om de zon doorliepen, die bij elken omloop door één van de twee plaatsen, namelijk de ruimte CD, of de dergelijke aan de andere zijde van de ekliptika gelegene, zouden doorgaan. Daarom nam hij zich voor, die beide plekken van tijd tot tijd, doch geregeld te doorzoeken, ten einde te zorgen, dat, mocht zulk een planeetje een van die plekken voorbijgaan, hij het stellig vinden zou.

---

§ 302.

DE ONTDEKKING VAN JUNO.

Of nu Ceres en Pallas al of niet stukken van ééne planeet waren, niemand had vroeger ooit aan de waarschijnlijkheid gedacht, dat er op zeer nabij éénen afstand, *twee* planeten in verschillende banen omliepen. En als er twee waren, konden er ook wel meer zijn, onverschillig, welke de reden van deze vreemdsoortigheid was. De hemel was in die tijden, namelijk het jaar 1802, lang niet zoo goed bekend als tegenwoordig, zoodat men het tegendeel volstrekt niet beweren kon.

De sterrekundigen waren verlangend, om dit nader te onderzoeken; bestonden er nog meer van die planeetjes, dan wilden zij gaarne alles doen, om ze te vinden. Maar dan was het in de eerste plaats noodig, om nauwkeurige sterrekaarten te bezitten, kaarten, waar men niet alleen alle sterren tot de zwakste toe, vinden kon, die met het bloote oog zichtbaar waren, maar ook de nog zwakkere, zoover zij nog te zien waren in de goede kijkers van dien tijd; zoodat als men met die kaarten in de hand den hemel doorzocht, dan een planeetje, dat in het veld van den kijker kwam, noodzakelijk

dadelijk herkend zou moeten worden. Dergelijke kaarten nu maakte een zekere Harding, die te Liliënthal bij Bremen woonde en op de sterrewacht van den heer Schröter, een liefhebber der sterrekunde, werkzaam was. Hij vond den 1^{en} September eene kleine ster, in het sterrebeeld de Visschen, die nog niet op zijne kaart stond, hij teekende haar op de goede plaats in, en bemerkte den volgenden dag, dat zij zich verplaatst had. Weldra bleek het weer eene nieuwe planeet te zijn, die ook al op nagenoeg denzelfden, hoewel toch kleineren afstand, dan Ceres en Pallas, zich om de zon bewoog. Harding gaf deze planeet den naam van Juno, bij de Grieken en Romeinen de opperste godin en echtgenoote van Jupiter.

---

§ 303.

DE ONTDEKKING VAN VESTA.

Ook Olbers was niet werkeloos gebleven. Hij bleef trouw de twee plekken aan den hemel doorzoeken, waarvan ik u vroeger gesproken heb. Een van die plekken, namelijk die in de richting van S naar C, maakte een deel uit van het sterrebeeld de Maagd, de andere plek, aan de tegenovergestelde zijde, van het sterrebeeld de Walvisch. Niet, dat hij bepaald *overtuigd* was, dat de planeten Ceres en Pallas, waarbij nu nog Juno gekomen was, uit ééne planeet ontstaan waren, maar hij nam de mogelijkheid daarvan aan, en begreep, dat zijn zoeken, mocht het al niet baten, toch zeker niet schaden zou.

Nadat hij nu twee of drie jaren geregeld zijn onderzoek had volgehouden, zag hij op eens, den 29^{en} Maart 1807, in de eerstgenoemde der beide plekken, dus in het sterrebeeld de Maagd, eene vrij heldere ster, die hij daar vroeger niet gezien had. Den volgenden dag reeds bleek het, dat die ster zich bewogen had, en weldra kon weder met zekerheid afgeleid worden, dat zij eene planeet was, die op ongeveer denzelfden

afstand haren omloop om de zon volbracht, als de drie andere reeds bekende planeetjes Ceres, Pallas en Juno.

Deze planeet kan zoo helder worden, dat men haar met het bloote oog kan onderscheiden.

Olbers verzocht Gauss, die zich zoo ijverig betoond had in het berekenen der loopbanen van Ceres, Pallas en Juno, om de nieuwe planeet een naam te geven, en Gauss koos den naam *Vesta*, den naam van de godin der kuischheid.

---

§ 304.

DE ONTDEKKINGEN VAN ASTRAEA, HEBE, enz.

Er waren nu in plaats van één, 4 planeten bekend, die ieder op zich zelf de opene ruimte in de reeks van Titius zoude kunnen aanvullen, en het is niet te verwonderen, dat verscheidene sterrekundigen, begrijpende, dat er nu ook meer konden zijn, de handen aan het werk sloegen, om nauwkeurige kaarten van den hemel te vervaardigen. Daartoe moeten echter de nauwkeurige plaatsen, uitgedrukt in rechte opklimming en declinatie van tien-, ja van honderdduizenden sterren bepaald worden, ten einde die dan in eene kaart, elk op hare plaats, in te teekenen. Dat deze arbeid vele jaren kostte, kan niemand verwonderen; en zoo is het gebeurd, dat het 38 jaren duurde eer er weer eene nieuwe planeet van dezelfde groep gevonden werd. Eindelijk, den 8^{en} September 1845, vond een liefhebber der sterrekunde, Henke, chef van het postkantoor te Driesen in Pruisen, een planeetje, dat hij Astraea, (de godin der rechtvaardigheid,) noemde, en nagenoeg twee jaren later vond dezelfde eene 6^{e} planeet, die den naam van Hebe (bij de Grieken de schenkster der goden) ontving. Het was nu alsof er eene nieuwe liefhebberij onder een aantal sterrekundigen ontstaan was, om planeten te zoeken; sedert 1847 is er geen jaar voorbijgegaan, waarin niet eenige planeetjes zijn ontdekt

geworden. Haar aantal is nu reeds tot over de 250 geklommen, en het is niet te voorzien, dat er spoedig een eind aan de ontdekkingen dezer lichamen komen zal, want die sterrekundigen, die zich met het zoeken van die planeetjes bezig houden, gebruiken daartoe tegenwoordig veel sterkere kijkers dan men er vroeger voor kon aanwenden; de sterrekaarten, die zij daarbij gebruiken, zijn veel volledіger, dat wil zeggen, zij bevatten ook veel meer kleinere sterren, dan de kaarten die men vroeger daarvoor gebruikte.

Naarmate nu meer van die planeetjes ontdekt werden, heeft men gezien, dat zij lang niet alle eenen afstand tot de zon hebben, die in de reeks van Titius zoo mooi paste. Het is louter toeval geweest, dat de eerste dezer kleine planeetjes, die ontdekt werd, juist een was, die gemiddeld 2,8 maal verder van de zon afstond dan de aarde.

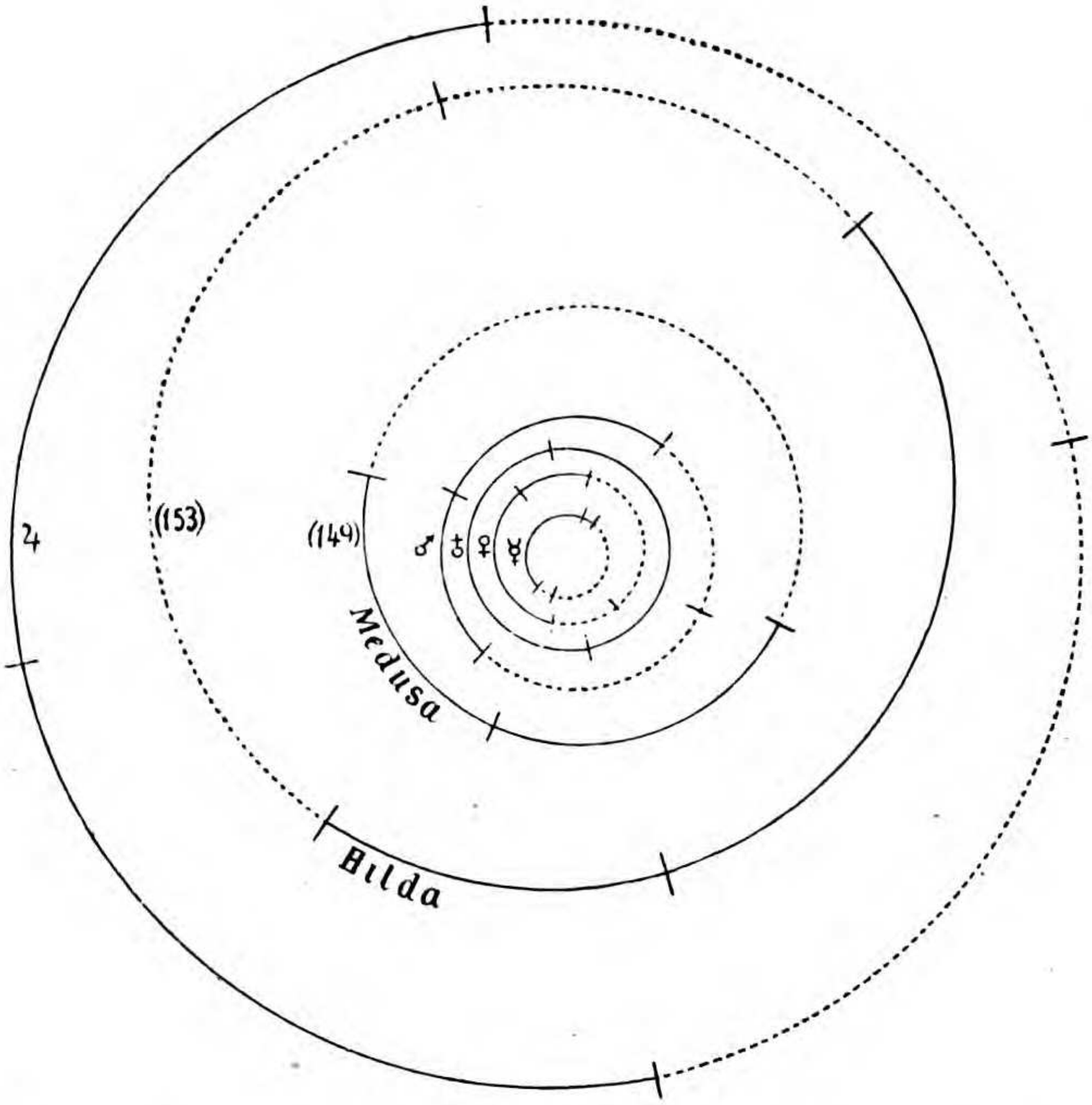
Wel loopen zij alle binnen de ruimte, die tusschen de loopbanen van Mars en Jupiter open is, wel loopen zij alle in dezelfde richting, dezelfde, waarin ook de grootere planeten zich bewegen, wel zijn de hellingen dier loopbanen met betrekking tot het vlak der ekliptika alle vrij matig — tot nog toe is er geene enkele meer gevonden, waarvan de baan, evenals die van Pallas, bijna 35° op de ekliptika helt — maar de grootten der loopbanen en dus ook de omloopstijden zijn zeer verschillend.

De kleinste omloopstijd heeft de planeet Medusa, namelijk slechts 3 jaren en 1½ maand; de grootste de planeet Hilda, namelijk 7 jaren en 10 maanden. Ceres en Pallas hebben 4 jaren en 7 maanden, Juno 4 jaar en 4 maanden, Vesta 3 jaar en 7½ maand omloopstijd, enz. Het is dus wel na te gaan, dat als men al de loopbanen dier 250 planeetjes wilde afteekenen, men een groot gedeelte der ruimte tusschen de loopbanen van Mars en Jupiter zou aanvullen. Toch blijft er altijd eene niet onaanzienlijke ruimte over tusschen de loopbaan van Mars en die van Medusa, die het dichtst bij komt, en tusschen die van Hilda en de loopbaan van Jupiter. In fig. 553,

zijn de loopbanen dezer twee planeten afgebeeld, zoodat gij kunt zien, welke ruimte zoo ongeveer door allen ingenomen wordt.

ABDULLAH. Maar mijnheer, als er zooveel van die planeetjes

Fig. 553.



in die zelfde ruimte zich bewegen, gebeurt het dan nooit, dat zij tegen elkander aanstooten?

DE HEER. Onmogelijk zou het niet zijn, maar de kans er toe is zeer gering. Als men nagaat, dat de loopbanen dier kleine planeetjes groote assen hebben van 100 tot 180 millioenen geographische mijlen lengte, dat die loopbanen op allerlei wijzen door elkander liggen, en dat, zoover wij uit het licht kunnen beoordeelen, dat die planeetjes van de zon terugwerpen, haar middellijn steeds minder dan 50 geographische mijlen is, dan kan men wel begrijpen, dat het slechts

zeer enkele malen gebeuren zal, dat de eene loopbaan de andere zoo nabij komt, dat eene botsing van twee planeetjes daar mogelijk is.

Maar gesteld nu, dat er twee loopbanen zoo dicht voorbij elkander loopen, en stel nu eens, dat de eene planeet van daag te 12 uur precies op dat punt is, waar de andere loopbaan zoo dicht voorbijloopt, dan is het nog de vraag: waar is die andere planeet op datzelfde oogenblik? Nemen wij voor de middellijn der loopbaan eene gemiddelde grootte van 140 millioen geographische mijlen aan, dan is de omtrek der geheele loopbaan nagenoeg 440 millioen van die mijlen; ergens op die loopbaan bevindt zich op dat oogenblik de tweede planeet; maar indien nu, om een voorbeeld te noemen, eene botsing nog mogelijk is 220 mijlen aan weerszijden van het kruispunt, dus over eene lengte van 440 mijlen, dan is er nog altijd eene kans van slechts één tegen een millioen, dat de tweede planeet juist dáár is, en er dus eene botsing plaats heeft. Als die tweede planeet 5 jaar omloopstijd heeft, kan men dus rekenen, dat eene ontmoeting met de andere slechts eens om de 5 000 000 jaar kan plaats hebben.

Maar, zooals ik zeide, dit is nog altijd in de vooronderstelling, dat er twee van die banen zijn, die elkander op zulk een korten afstand naderen, en ook die kans is uiterst gering. Een sterrekundige te Weenen, genaamd von Littrow, heeft vooral in den beginne, toen er nog niet zooveel van die planeetjes bekend waren, onderzocht, op hoeveel afstand de loopbanen elkander in de ruimte wel naderden, en vond slechts enkele keeren, dat er een afstand van één duizendste van den middelbaren afstand der aarde tot de zon tusschen twee loopbanen bestond. Maar dat ééne duizendste is nog altijd 20000 geographische mijlen, eene ruimte bijna half zoo groot als de afstand van de maan tot de aarde, en groot genoeg, om de grootste der kleine planeetjes met gemak elkander te laten voorbijgaan.

Hoewel de sterrekundigen zelf het dus zeer belangwekkend

zouden vinden, om zulk eene botsing tusschen twee kleine planeetjes te zien en haar zelfs vooruit te berekenen, is er niet veel kans toe, dat zij dat verschijnsel ooit zullen zien.

---

§ 305.

DE PLANEET NEPTUNUS.

Nog bestaat er buiten de planeet Uranus ééne planeet in ons zonnestelsel. Om die planeet te zien, moet men al een tamelijk goeden verrekijker bezitten, en het is zonder bijzondere hulpmiddelen, bijvoorbeeld een kaartje, waarop behalve de vaste sterren, ook de loop der planeet naar eene vooraf uitgevoerde berekening is afgeteekend, niet doenlijk haar te vinden.

Hoewel die planeet dus zoo zwak van licht toeschijnt, dat gij haar wellicht nooit zien zult, zoo wil ik u toch het een en ander van haar mededeelen, omdat de wijze, waarop zij gevonden is, eenig in hare soort is, en wel een bewijs geeft van de hooge volkomenheid, tot welke de sterrekunde gestegen is.

Gij herinnert u, dat ik u vroeger geproken heb van de wetten van Keppler. De eerste wet luidde, dat de planeten zich om de zon in elliptische loopbanen bewegen, waarvan een der brandpunten door de zon wordt ingenomen.

De tweede wet bepaalde, dat in dezelfde loopbaan in gelijke tijden door den voerstraal gelijke perken doorloopen worden.

De derde wet eindelijk, dat van twee planeten de derde machten der middelbare afstanden tot de zon in dezelfde reden staan als de tweede machten der omloopstijden.

Die drie wetten stelden nu in Keppler's tijd vrij goed de plaatsen aan den hemel voor, waar, tot zijn tijd toe, en voornamelijk in de laatst voorafgaande jaren, door Tycho Brahe de planeten gezien waren; en Keizer Rudolf van Duitschland

stelde Keppler in staat, een werk uit te geven, waarmede men zelfs voor volgende jaren met veel gemak de plaatsen van zon, maan en de vijf planeten kon berekenen.

Zoolang men nog maar grove en ruwe instrumenten gebruikte, om de plaatsen van de planeten aan den hemel te bepalen, of als men zich maar tevreden stelde als de planeten op het oog nagenoeg op de plaats stonden, waar de tafelen van Keizer Rudolf ze aangaven, dan had men alle reden, om tevreden te zijn en scheen het, dat de sterrekundigen, door de bemoeienis van Keppler, nu vrij goed met den loop der planeten bekend waren geworden. Maar er ontbrak toch iets aan de toenmalige kennis van ons zonnestelsel. Ik spreek hier van het tijdvak van het jaar 1600 tot het jaar 1686. Keppler had wel gevonden, hoe de planeten om de zon liepen, maar had niet het minste denkbeeld, dat men ooit zou vinden, waarom het zoo was. Hij dacht, dat de Schepper het zonnestelsel gemaakt had, en daarbij eenige schoonheidswetten had in acht genomen; die schoonheidswetten meende hij gevonden te hebben. Wel waren er in datzelfde tijdvak verscheidene geleerden, die zich afvroegen, waarom loopen deze planeten volgens deze wetten om de zon? Wel waren er verscheidene, die het bestaan eener aantrekkingskracht vermoedden, maar niemand heeft vóór Newton, in 1686, zoo grondig bewezen, dat de wetten van Keppler een gevolg waren van de aantrekkingskracht, en dat niet alleen, maar dat ook een aantal andere verschijnselen, de zwaarte der lichamen op de aarde, de omloop van de maan om de aarde, en van de wachters van de andere planeten om die planeten, en wat nog meer zegt de teruggang der nachteveningen, en de teruggang der maansknoopenlijn, alle een gevolg waren van diezelfde algemeene aantrekkingskracht.

Maar, zooals ik al meer heb opgemerkt, die algemeenheid der aantrekkingskracht brengt mede, dat ook de planeten elkander onderling aantrekken, en hierdoor ontstaan nu kleine afwijkingen van den loop, zooals die anders volgens de wetten

van Keppler zijn zou. Die kleine afwijkingen noemt men in de sterrekunde *storingen*.

De sterrekundigen stellen zich ten taak, alles wat de hemellichamen aangaat, zoover dit in hun bereik valt, te bestudeeren, en daaronder behoort in de eerste en voornaamste plaats hunne beweging. Zij trachten er naar, die beweging volledig te kennen, en ook geheel te verklaren, daarna beproeven zij, om vooruit voor een geruimen tijd die beweging te voorspellen, en die voorspellingen worden telken jare bekend gemaakt in de sterrekundige jaarboeken, die ik u al eens vroeger opgenoemd heb. Iedereen, die sterrekundige instrumenten bezit, en deze goed weet te gebruiken, kan nu nagaan of de voorspellingen in het sterrekundige jaarboek juist zijn of niet. Een voorbeeld van dergelijke voorspellingen ziet gij in de figuren 466, 471 en 476, die vervaardigd zijn langen tijd vóór het tijdvak, waarin zij den loop van Mars, Jupiter en Saturnus voorstellen.

Naarmate nu door nieuwe onderzoekingen de loop der planeten nauwkeuriger bekend is geworden, naar die mate komt de voorspelling aangaande hun toekomstigen loop beter uit, en worden er kleine afwijkingen gevonden, dan dienen die weder, om de kennis van de loopbanen en dikwijls, om die van de massa der aantrekkende of zooals men zegt storende planeten te verbeteren.

In het begin van deze eeuw nu, werd door Fransche sterrekundigen opnieuw de loop van de groote planeten, Jupiter, Saturnus en Uranus, onderzocht. Het gelukte zeer goed den loop van Jupiter en dien van Saturnus, zooals die door alle eeuwen, zoolang er sterrekundige waarnemingen opgeteekend zijn, geweest waren, voor te stellen, en de berekenaars konden dus hunne resultaten in het licht geven, in de overtuiging, dat, als men daarnaar voor de volgende jaren den loop van deze planeten berekende, die berekening steeds goed zou uitkomen.

Maar geheel anders was het met de planeet Uranus gelegen.

Zooals gij u herinnert was deze in het jaar 1781 ontdekt, en dus waren er in het jaar 1819, toen de Fransche sterrekundige Bouvard het ondernam zijn loop te bestudeeren, 38 jaren sedert zijne ontdekking verloopen.

Maar doordien Uranus zoo helder is, dat men hem bij donker weder zelfs even met het bloote oog, althans met een klein kijkertje, zien kan, was het waarschijnlijk, dat hij wel vroeger gezien was, maar dat de waarnemers hem voor een vaste ster hadden gehouden. Na eenig zoeken is het gebleken, dat hij, nog vóór dat hij ontdekt was, negentien malen door sterrekundigen uit verschillende landen gezien, en dat ook zijne plaats als die van eene vaste ster was bepaald geworden. Die oude bepalingen van de plaats van Uranus waren van de jaren 1690, 1712, 1715, 1750, 1753, 1756, 1764, 1769 en 1771.

Bouvard nu gaf zich alle moeite, om uit al deze waarnemingen van de plaats van Uranus aan den hemel en uit die, welke van 1781 tot 1819 geregeld alle jaren gedaan waren, nauwkeurig de ligging, de grootte en de gedaante van de loopbaan van die planeet af te leiden; daarbij moest hij dan ook daarop letten, dat de planeet niet alleen door de zon, maar ook door Jupiter en Saturnus aangetrokken geweest was, en dat die laatste aantrekkingen afwijkingen van de eenvoudige elliptische loopbaan, of anders gezegd storingen, hadden moeten veroorzaken. Die, welke de kleine planeten, Mercurius, Venus, de Aarde en Mars, veroorzaakten, waren onmerkbaar, zoowel door den grooteren afstand, waarop die planeten altijd van Uranus afbleven, als door hare kleinere massaas. Hoeveel moeite zich Bouvard nu gaf, het gelukte hem niet, bevredigende uitkomsten te krijgen. Hij kon geene loopbaan voor Uranus vinden, die al de plaatsen, waar de planeet van 1690 tot 1819 geweest was, behoorlijk teruggaf. Door den nood daartoe gedwongen, liet hij nu bij eene tweede berekening al die plaatsen, waar men de planeet, vóór hare ontdekking in 1781, als vaste ster had meenen te zien, buiten beschouwing

en gebruikte hij alleen de plaatsen, waar de planeet van 1781 tot 1819 gezien was. Was de loopbaan van Uranus nu werkelijk zoo van vorm en ligging als Bouvard gevonden had, dan moesten die oude plaatsbepalingen sterk foutief geweest zijn. Bouvard dacht dit ook wel eenigszins, maar zeide toch, dat de toekomst wel zou uitmaken, wat men er van denken moest. Als de loopbaan, die hij gevonden had, nu voortdurend voldeed, dat is, als jaar op jaar Uranus juist op de plaats gevonden werd, waar hij volgens de berekening van Bouvard staan moest, dan was het duidelijk, dat die oude plaatsbepalingen foutief moesten geweest zijn.

Maar als de gevondene loopbaan niet voortdurend voldeed, d. i. als er gaande weg grootere afwijkingen zouden gevonden worden tusschen de berekende plaats en de waargenomen plaats, dan zou dit een teeken zijn, dat er een nog onbekende storing op de planeet Uranus werkte.

Het duurde nog geen twintig jaren of het werd opnieuw merkbaar, dat, als men volgens de door Bouvard aangenomen loopbaan de plaatsen van Uranus vooruit berekende, deze plaatsen niet meer precies met den werkelijken loop dezer planeet overeenkwamen. Het verschil klom langzamerhand op tot eene halve minuut. Dit verschil zou voor den tijd van Keppler zeker van niet veel beteekenis geweest zijn. Maar voor de tegenwoordige sterrekundigen was het zeer veel. Als gij twee streepjes op een stukje papier zet, die een millimeter van elkander staan, en gij plaatst dit op een afstand van 7 meters van u, dan staan die twee streepjes uit uw oog gezien, omstreeks juist zoover van elkander af, als eene halve minuut bedraagt. Gij zult waarschijnlijk die streepjes niet afzonderlijk kunnen onderscheiden, maar een klein kijkertje, bijv. een tooneelkijker, zal er u toe in staat stellen.

Er zijn toen verscheidene sterrekundigen geweest, die op dit verschil opmerkzaam waren geworden, en die hunne meening uitspraken, dat er, behalve de reeds bekende planeten, nog eene planeet moest zijn, die de oorzaak van deze afwijking

van den loop van Uranus was geweest. Maar het is nog geheel iets anders dit te meenen of te gelooven en iets anders om dan uit te rekenen, waar die nieuwe planeet op een bepaalden dag aan den hemel te vinden moet zijn.

Twee sterrekundigen hielden zich met deze lastige berekening bezig, Leverrier te Parijs en Adams te Cambridge in Engeland. Leverrier was een reeds beroemd man, die al belangrijke berekeningen had bekend gemaakt; Adams daarentegen een nog geheel onbekend student aan de hoogeschool te Cambridge. Leverrier maakte telkens als hij in zijn onderzoek een nieuwen stap voorwaarts gegaan was, de resultaten daarvan bekend; Adams daarentegen onderwierp met bescheidenheid zijn onderzoek aan het oordeel der twee grootste sterrekundigen van Engeland, Airy en Challis, (de laatste zijn leermeester).

Omtrent te gelijker tijd, n.l. in het jaar 1846, waren beide, Leverrier en Adams, zoo ver, dat zij konden zeggen in welk gedeelte van den hemel die nieuwe planeet — indien zij bestond — gezocht moest worden. Maar Adams had zijn resultaat aan Professor Challis gegeven, en deze was geregeld aan het zoeken gegaan, zonder dat iemand in het overige Europa er van wist. Hij bezat namelijk geene sterrekaarten, waarop zulke kleine sterretjes als die nieuwe planeet waarschijnlijk zijn zou, voorkwamen, en besloot dus zelf zoo een kaartje te maken; daarvoor moest hij natuurlijk alle sterren, die hij met een kijker in die streek aan den hemel vond, in eene kaart inteekenen. Het is later uitgekomen, dat Challis reeds den 4^{en} Augustus 1846 de planeet gezien en waargenomen heeft, maar allerlei drukten, en het denkbeeld, dat hij wel niet zoo spoedig er in slagen zou, de planeet te vinden, maakten dat hij zijne aanteekeningen niet zoo spoedig weer ter hand nam, om het te onderzoeken.

Ofschoon te Parijs wonende, en bij den directeur der sterrewacht aldaar, Arago, in groote achting staande, vond Leverrier te Parijs niet zooveel medewerking als Adams te Cambridge. Over het algemeen was aldaar de sterrekunde in dien tijd

een weinig in verval. De observatoren te Parijs zagen tegen de moeite op om de planeet te zoeken, of stelden misschien te weinig vertrouwen in het resultaat. Leverrier schreef toen, den 18^{en} September 1846 naar Berlijn aan Galle, die toen assistent was aan de sterrewacht aldaar, en noodigde dezen uit, eens naar de planeet te zoeken. Hij voegde er bij, waar zij omtrent te vinden zou zijn, en dat zij waarschijnlijk door hare schijfvormige gedaante zou kunnen herkend worden.

Het trof toevallig, dat juist te Berlijn door een ander sterrekundige, die echter geen observator der sterrewacht was, met name Dr. Bremiker, eene kaart gemaakt was van dat gedeelte van den hemel, waar de planeet, volgens de aanwijzing van Leverrier staan zou. Die kaart was wel afgedrukt, maar zij was nog niet in den handel gebracht. Op de sterrewacht was reeds een exemplaar aanwezig.

Met toestemming van den directeur der sterrewacht, den beroemden sterrekundige Encke, ging Galle, den avond zelf van den dag, waarop hij den brief ontvangen had, nl. den 23^{en} September, vergezeld van een student, d'Arrest, met den kijker aan het zoeken. Galle vergeleek de sterren, die hij in den kijker zag, met de sterren, die op de kaart stonden, en ziet, boven alle verwachting, vond hij in een kwartier tijds, niet ver van de door Leverrier aangegevene plaats, eene ster van de achtste grootte, die niet op de kaart stond. Ingeval het nu de planeet was, waarnaar gezocht werd, dan moest die ster zich aan den hemel voortbewegen, en de beweging moest, zoowel wat richting als snelheid betreft, overeenkomen met zulk eene beweging, als volgens de berekening de bewuste planeet hebben kon. Die beweging was te langzaam, om er denzelfden avond zeker van te zijn, maar den volgenden avond, den 24^{en} September, bleek het ten duidelijkste, dat de gevondene ster de planeet was.

Het is later eerst kunnen blijken, op welken afstand van de zon deze nieuwe planeet, die den naam van den god der zee, Neptunus, en het teeken ♆, (een drietand, waarmede de god

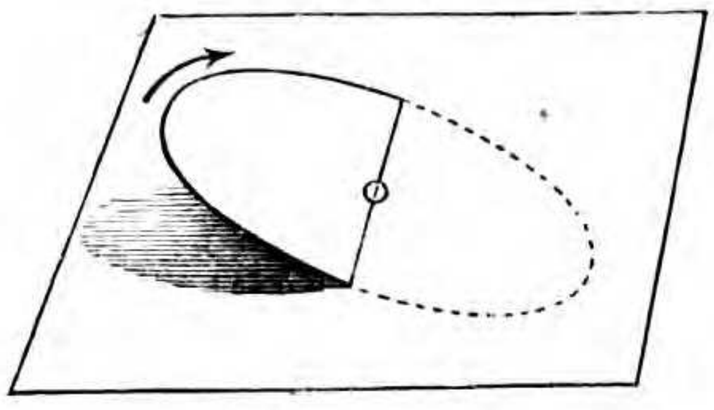
Neptunus gewoonlijk afgebeeld wordt), ontvangen heeft, haren loop volbracht; daarbij trok het de aandacht, dat die afstand niet zoo goed uitkwam, met de reeks van Titius, als men wel verwacht had. Immers zetten wij de reeks 28, 52, 100, 196, . . . voort, dan zou er 388 moeten volgen. Neptunus zou dus omtrent 39 maal verder dan de aarde van de zon moeten afstaan; maar het is slechts 30 maal.

Hoe het zij, de voorname vraag is: als men nu de aantrekking in rekening neemt, die Neptunus op Uranus uitoefent, vervallen dan die afwijkingen tusschen den berekenden en den waren loop, waarvan ik u vroeger gesproken heb? En hierop is het antwoord: ja! Het is dus wel zeker geweest, dat die afwijkingen door de aantrekking van Neptunus ontstaan zijn.

De ontdekking van Neptunus heeft niet ten onrechte veel opgang gemaakt; niet alleen te verklaren, dat een wereldbol, waarvan nog nooit iemand gehoord heeft, bestaat, maar zelfs hare plaats aan te geven; alleen door de aantrekking na te gaan, die zij op een afstand van minstens 200 millioen geographische mijlen op een anderen wereldbol uitoefent, voorwaar, eene dergelijke stoute voorzegging is zelden gewaagd, en nog minder gevolgd geworden door hare bevestiging.

Het is later gebleken, dat Neptunus één wachter heeft, en wat wel merkwaardig is, deze wachter loopt, zie fig. 554, even als de vier wachters van Uranus, *teruggaande*, en nog wel komt dit bij den wachter van Neptunus sterker uit, dan bij dien van Uranus, omdat de helling der loopbaan op het vlak der beweging van de planeet zelve, veel geringer is dan bij Uranus.

Fig. 554.



Deze wachter loopt in 5 dagen en nagenoeg 21 uren om de planeet, en doordien de afstand tot de planeet ook gemeten is, heeft men de massa van Neptunus er ook uit kunnen afleiden, en er voor gevonden $\frac{1}{19380}$ van de zon, d. i. 17 maal meer dan de aarde, dus iets meer dan Uranus.

Overigens is het met Neptunus evenals met Uranus het geval, wij kunnen zijnen omwentelingstijd om de as niet bepalen, want hij is te klein, om vlekken op zijne oppervlakte te zien. Zeer merkwaardig zou het zijn te weten, of hij ook in eene teruggaande richting om zijne as draait, maar dit is natuurlijk iets, waarvan wij evenmin iets zeggen kunnen.

---

§ 306.

OVER DE WACHTERS VAN MARS.

Toen ik u, Abdullah, het een en ander over Mars mededeelde, heb ik opzettelijk nog iets verzwegen, dat ik u nu wilde vertellen. En dat is, dat Mars twee wachters heeft. Maar wanneer gij door een vrij goeden kijker Mars beziet, zult gij ze te vergeefs zoeken. Die wachters zijn zoo klein, dat een kijker of spiegelteleskoop van de allersterkste soort, bijv. die van Washington of de Pulkowa, of Weenen, noodig was, om ze te ontdekken. Nu zij eens bekend zijn, kan men ze met moeite ook wel met een kijker, die een weinig kleiner is, zien.

Mars zelf is reeds van de hoogste oudheid bekend, evenals Jupiter en Saturnus. Van deze beide laatste planeten zijn, zooals gij weet, de wachters eerst na de uitvinding der kijkers kunnen ontdekt worden. Maar de kijkers waren reeds 269 jaren bekend en in de sterrekunde in gebruik, eerdat de wachters van Mars bekend werden. En dit kwam alleen door hunne ongewone kleinheid.

Een der sterrekundigen, die aan de sterrrewacht te Washington, de hoofdplaats van de Vereenigde Staten van Noord-Amerika, geplaatst zijn, met name de hoogleeraar Asaph Hall, besloot in het jaar 1877 eens met aandacht na te gaan of Mars geen wachter bezit. Reeds was in 1862 hetzelfde onderzoek verricht door Prof. d'Arrest te Kopenhagen, maar zonder eenig gevolg. d'Arrest moest verklaren, dat Mars geen wachter

had, die in den kijker van Kopenhagen te zien was, en hij had berekend, dat indien een wachter van Mars eene middellijn van drie geographische mijlen had, hij wel door dien kijker zichtbaar zou zijn. Voor een hemellichaam is dit zeer klein; onze maan heeft 468 geographische mijlen middellijn; de meeste sterrekundigen bleven dus, evenals vóór het onderzoek van d'Arrest, in den waan, dat Mars geene wachters heeft.

De sterrekundigen van een gedeelte van Europa hebben een gezelschap gesticht, dat elke twee jaar eene vergadering heeft; daar wordt dan beraadslaagd, welke onderzoekingen gedaan, en hoe de arbeid verdeeld zal worden. In het jaar 1877 was er zulk eene vergadering te Stockholm, de hoofdstad van Zweden, en niet weinig werden de aanwezige leden verrast door een telegram uit Amerika, dat Prof. Hall te Washington twee wachters van Mars ontdekt had. Zij telegrafeerden zelfs terug, om te vernemen of het bericht wel echt was, maar het werd door een tweede telegram bevestigd.

Toen nu de nadere berichten omtrent de ontdekking dier wachters naar Europa kwamen, waren die berichten slechts geschikt, om de bevreemding te versterken, die het eerste telegram verwekt had. Want die wachters van Mars hadden behalve hunne buitengewone kleinheid, nog eene andere bijzonderheid, namelijk hunnen geringen omloopstijd. Alle andere bekende wachters hebben omloopstijden, die grooter zijn dan de tijd, waarin de planeet, waartoe zij behooren, om hare as draait, en dit is met den buitensten wachter van Mars ook het geval, maar met den binnensten niet. Mars wentelt om zijne as, zooals ik u vroeger heb medegedeeld (§ 261) in

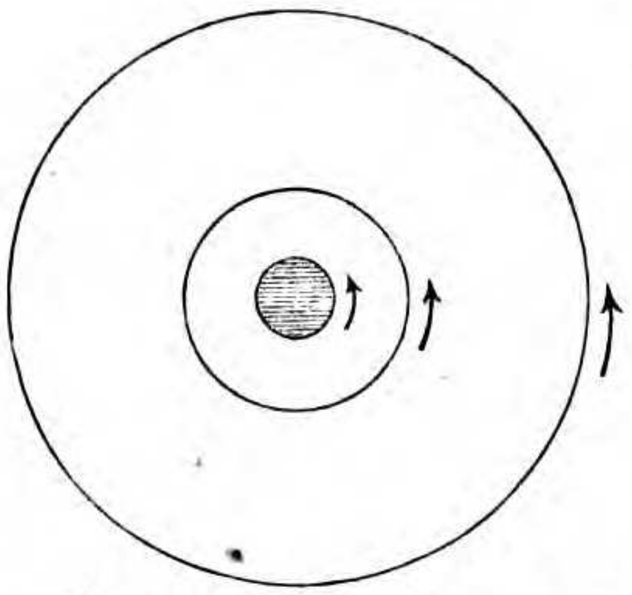
$$24^u\ 37^m\ 22^s,5,$$

terwijl volgens de berekeningen van Hall de omloopstijd van de wachters van Mars zijn:

$$7^u\ 39^m\ 14^s,$$
$$30\ 17\ 54.$$

Gij ziet uit figuur 555 hoe groot die banen zijn met betrekking tot Mars zelf. Maar wat is nu het gevolg van dien korten omloopstijd van dien eersten wachter? Dit is zeer merkwaardig. De drie pijltjes die gij in de figuur ziet, toonen de richting aan der beweging, zoowel der wachters, als van de planeet om hare as.

Fig. 555.



Nu is van de aarde de omloopstijd om hare as een sterredag; of met andere woorden $23^u\ 56^m$; terwijl de omloopstijd der maan bedraagt 27 dagen en 8 uren. Door de wenteling der aarde om hare as ontstaat de schijnbare wenteling van den hemel om eene as, die met de as der aarde samenvalt, en hiermede dus het opkomen der hemellichamen in het Oosten, en het ondergaan in het Westen. De maan nu zou, als de aarde niet om hare as wentelde, eene andere beweging schijnen te bezitten dan thans; zij gaat per dag ongeveer $13\frac{1}{2}$ graad van het Westen naar het Oosten; dit kunnen wij duidelijk opmerken als wij twee dagen achter elkander hare plaats aan den hemel opmerken. Maar de schijnbare wenteling van den hemel is daaraan tegengesteld, zoodat de sterren in een sterredag 360° doorloopen in eene richting van het Oosten naar het Westen; nu moet de maan aan die *twee* bewegingen voldoen en het resultaat is natuurlijk, dat zij in één dag $360—13\frac{1}{2}$ of $346\frac{1}{2}$ graden schijnt te doorloopen in dezelfde richting als de sterren, d. i. van het Oosten naar het Westen.

Op Jupiter vertoont zich hetzelfde verschijnsel; voor de Jupiter-bewoners komen de wachters alle vier evenals de vaste sterren in het Oosten op en gaan in het Westen onder.

Op Mars is dit met den buitensten wachter, *Deimos* genaamd, evenzoo. In één van onze uren beweegt hij zich door zijne omwenteling om Mars $\frac{1}{30,3}$ van 360° of 11°,88 aan den hemel in de richting van het Westen naar het Oosten. Maar tengevolge der omwenteling van Mars om zijne as, beweegt hij zich

in 24,37375 uren 360°, dus in 1 uur 14°,77 in de richting van het Oosten naar het Westen. Trekken wij nu van

		14°,77	van het	O.	naar het	W.;
af		11 ,88	„	„ W.	„	„ O.,
dan schiet er over		2 ,89	„	„ O.	„	„ W.

En dit in 360° gedeeld, geeft, dat die buitenste wachter in 124,6 uur om de planeet schijnt te wentelen, dus in dezelfde richting als de sterren, maar vijfmaal langzamer.

Passen wij nu dezelfde rekenwijze toe op den binnensten wachter, *Phobos* genaamd, dan krijgen wij voor de schijnbare beweging per uur van dien wachter

wegens de asomwenteling van Mars		14°,77	van het	O.	naar het	W.,
„ den omloop om		47 ,04	„	„ W.	„	„ O.

En nu schiet er dus over 32°,27 van het Westen naar het Oosten, dus voor den geheelen omloop een tijd van 11,15 uren, en wel in de tegengestelde richting der sterren.

Terwijl dus alle sterren en ook de tweede wachter voor de Marsbewoners, zoo die er zijn, in het Oosten opkomen en in het Westen ondergaan, zoo komt aldaar de eerste wachter in het Westen op en gaat in het Oosten onder.

Het is de vraag of de Marsbewoners in staat zijn zulk eene vreemde zaak te begrijpen en daarvan de reden aan te geven, zooals wij, aardbewoners, dit weten te doen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe groot zijn die wachters nu wel?

DE HEER. Zelfs in den grooten kijker van Washington doen zij zich slechts voor als zeer kleine sterretjes, waarvan de middellijn niet meetbaar is; de eenige manier, om eenig denkbeeld omtrent hunne uitgebreidheid te krijgen, is: het licht te meten, dat zij van zich geven. Dat licht is ontleend aan de zon en hangt van de stof af, die op de oppervlakte van het hemellichaam aanwezig is; nu weten wij niets van die stof af, die stof zou sneeuw of kalk of eene andere zeer witte stof kunnen zijn, die, door de zon beschenen, veel licht terugwerpt,

en er dus helder uitziet; en die stof zou ook eene soort van donkere aarde kunnen zijn, zooals op droge velden voorkomt. Daar wij hieromtrent nu niets zekers weten, is dus het eenige, wat ons overschiet, te veronderstellen, dat die wachters uit eene dergelijke stof bestaan, als de planeet Mars zelf. En daar men nu weet, hoe groot de middellijn van Mars is, kan men uit het licht, dat de wachters geven, berekenen, hoe groot hunne middellijnen zijn.

Een Amerikaansch sterrekundige, met name Pickering, heeft zich het meest met dergelijke metingen van licht bezig gehouden, en hij heeft voor beide wachters eene middellijn van iets meer dan ééne geographische mijl gevonden.

TWEEDE HOOFDSTUK.

Over de kometen.

---

§ 307.

HOE DE KOMETEN ZICH VOORDOEN. WELKE VRAGEN MEN TEN OPZICHTE DER KOMETEN STELLEN KAN.

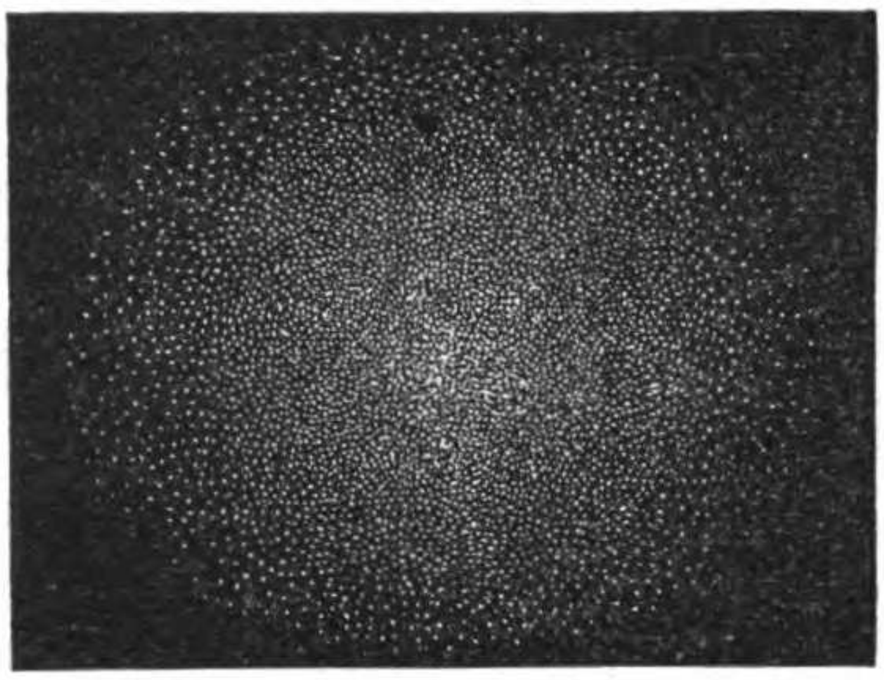
ABDULLAH. Mijnheer, is het mij geoorloofd, u iets te vragen? Toen ik dezer dagen met mijn vader over de sterren en over de planeten sprak, vroeg hij mij, of ik al wist, wat de kometen of staartsterren waren; hij zeide mij, dat er in het jaar 1881 zoo een heldere komeet geweest is, waarnaar iedereen des avonds na zonsondergang ging kijken. Die komeet was, zeide hij, spoedig verdwenen; kunt u mij ook eens zeggen, welk soort van sterren die kometen zijn, u hebt er mij nog niets van verteld.

DE HEER. Dat is wel waar, maar ook al hadt gij mij er niet naar gevraagd, had ik toch wel met u over de kometen gesproken, want zij behooren tot de hemellichamen.

Ik zal u eerst eens mededeelen, hoe gewoonlijk eene komeet zich gedraagt, als zij verschijnt. Het gebeurt wel eens, evenals in het jaar 1881, dat men na zonsondergang plotseling eene zeer heldere komeet ziet, maar dan is de reden hiervan altijd, dat zij den vorigen avond niet boven den horizon was.

Gewoonlijk doet eene komeet zich in het begin niet anders dan als een zwak vlekje voor, evenals een zeer klein wolkje (fig. 556). Menigmaal worden zij het eerst gevonden, doordien een sterrekundige er met een kijker naar zoekt; dan is zoo eene komeet, wat haar uiterlijk aangaat, in den beginne niet van eene nevelvlek te onderscheiden. Gij herinnert u, dat ik u reeds vroeger (4e stukje, fig. 319—321), afbeeldingen van nevelvlekken heb laten zien.

Fig. 556.



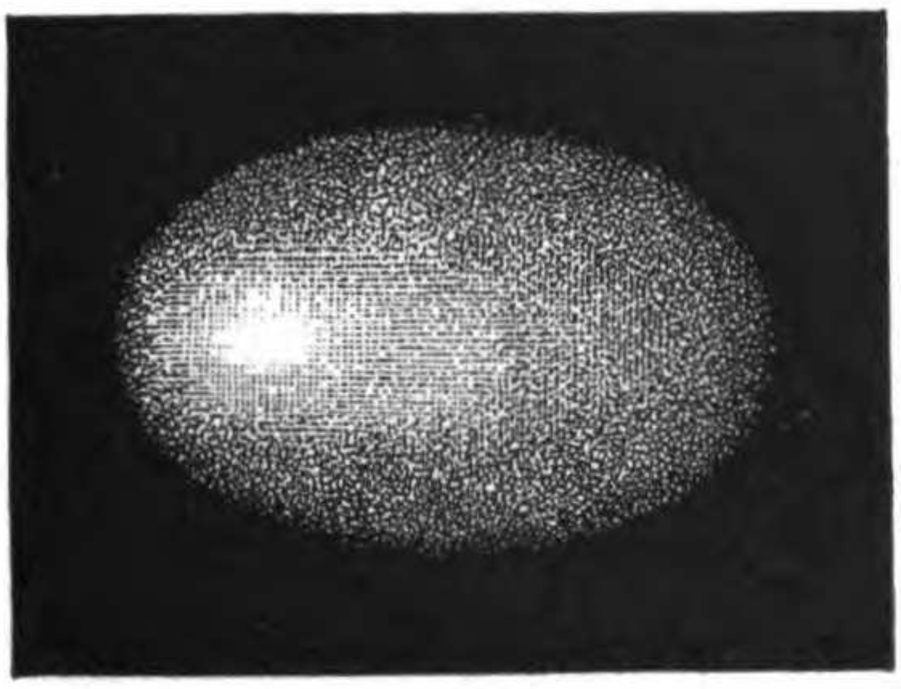
Hoe wordt dus een sterrekundige, die zulk een neveltje vindt, gewaar, dat het geen nevelvlek, maar eene komeet is? Door de beweging ten opzichte der vaste sterren. Den volgenden dag of somtijds reeds na één of twee uren kan hij duidelijk aan de beweging van het vlekje zien, dat het eene komeet is. Ook worden op vele sterrekaarten de bestaande nevelvlekken aangeteekend; vindt hij dus een vlekje, dat wel op de kaart staat, dan is het een nevelvlek; staat het niet op de kaart dan is het hoogstwaarschijnlijk eene komeet. Dit zou zelfs zeker kunnen zijn, indien het niet soms gebeurde, dat iemand, die eene kaart maakte, er iets op wegliet. Een volgenden avond kan men nu met zekerheid weten of die vlek eene komeet is, namelijk door hare beweging.

Volgt men nu zoo een vlekje dagelijks, dan ziet men het aan den hemel voortgaan, het wordt gewoonlijk eerst helderder en helderder, soms wordt het spoedig met het bloote oog zichtbaar; dit duurt eenigen tijd, en daarna neemt de komeet weer in helderheid af, wordt eindelijk weer een klein nevelvlekje, en, na soms een uitgestrekten weg aan den hemel doorloopen te hebben, verdwijnt het geheel en al.

Maar nu gebeurt het somtijds, dat, als zulk eene komeet voor het bloote oog zichtbaar wordt, er zonderlinge verande-

ringen in haar uitwendig voorkomen plaats hebben. Zij wordt dan eerst langwerpig met een helderen kant aan de zijde der zon, en zwak uitloopende aan de tegenovergestelde zijde, (fig. 557).

Fig. 557.



Dit heldere gedeelte wordt het *hoofd* der komeet genoemd, en als het tegenovergestelde gedeelte lang genoeg is, noemt men het den *staart*. Dikwijls is er in het hoofd een klein plekje, dat zoo sterk verlicht is, dat het in een zwakken kijker er geheel uitziet als eene ster; dan noemt men het een *kern*. Maar meestal blijkt het, als men een sterkeren kijker gebruikt om dien kern te bezien, dat hij niet uit een vast sterretje bestaat, maar ook nevelachtig is evenals het overige gedeelte der komeet. Alleen is de nevel daar dan dichter. In fig. 558 ziet gij het afbeeldsel van een komeet met kern, hoofd en staart.

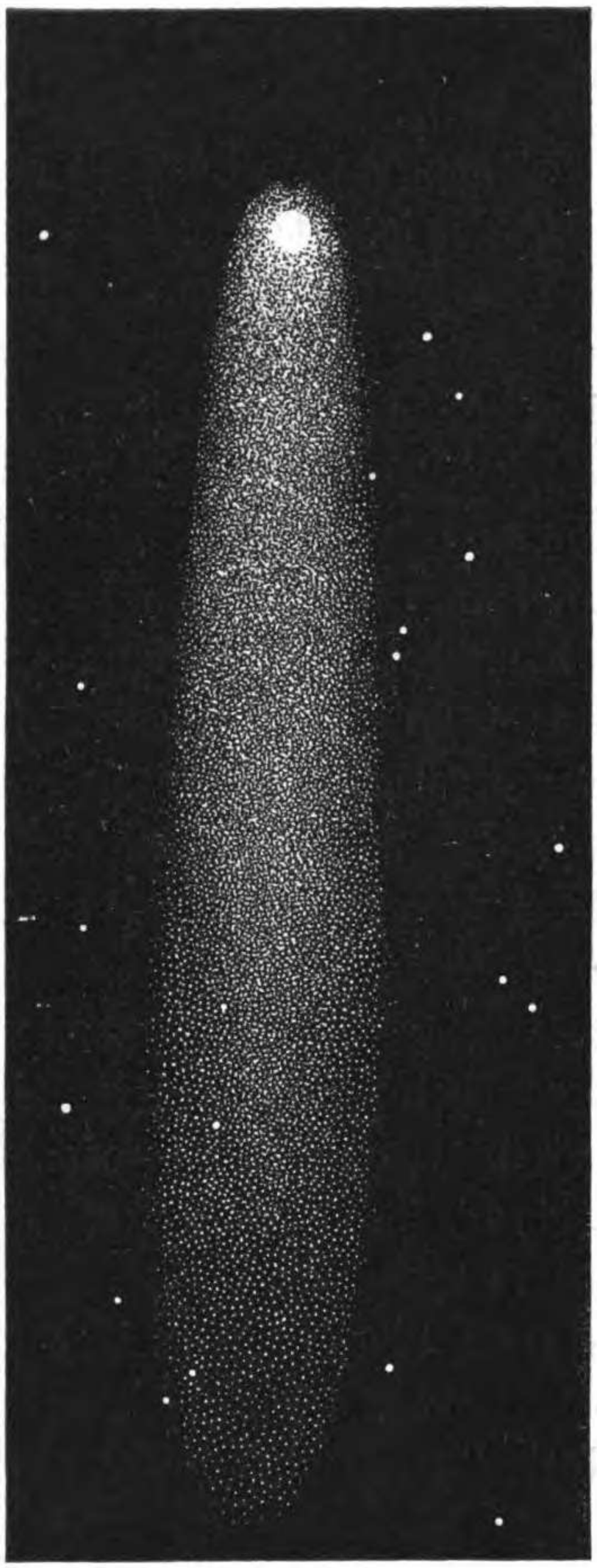
Die staarten kunnen eene groote lengte hebben. De komeet van het jaar 1881 had een staart van 8 tot 10 graden lengte, toen hij het langst was; die van 1811, eene zeer beroemde komeet, had een staart van 23°; die van 1861 een van meer dan 100° lengte, dus meer dan den halven meridiaan.

Niet altijd is de gedaante van den staart zoo recht als fig. 558 aangeeft. In fig. 559 ziet gij eene teekening van de komeet van 1858, die naar haren ontdekker gewoonlijk de komeet van Donati genoemd wordt.

In vroegere tijden verbeeldden de menschen zich, dat die kometen voorteekenen waren van allerlei rampen, bijv. oorlogen, besmettelijke ziekten, het overlijden van vorsten. Verscheen eene komeet, dan was iedereen bevreesd, dat er een ongeluk op handen was. Men dacht ter nauwernood na, wat het eigenlijk voor lichamen waren en waar zij zich eigenlijk bevonden, in of buiten den dampkring der aarde.

Zulk eene komeet komt met de sterren op en gaat met de sterren onder; daardoor alleen kan men al begrijpen, dat zij zich buiten den dampkring der aarde bevindt, en toch hield een der beroemdste wijsgeeren van Griekenland, met name Aristoteles, het voor uitgemaakt, dat de kometen zich boven in den dampkring der aarde ophielden, en hebben de menschen ongeveer twee duizend jaren lang zich daarmede vereenigd, omdat *hij* het gezegd had.

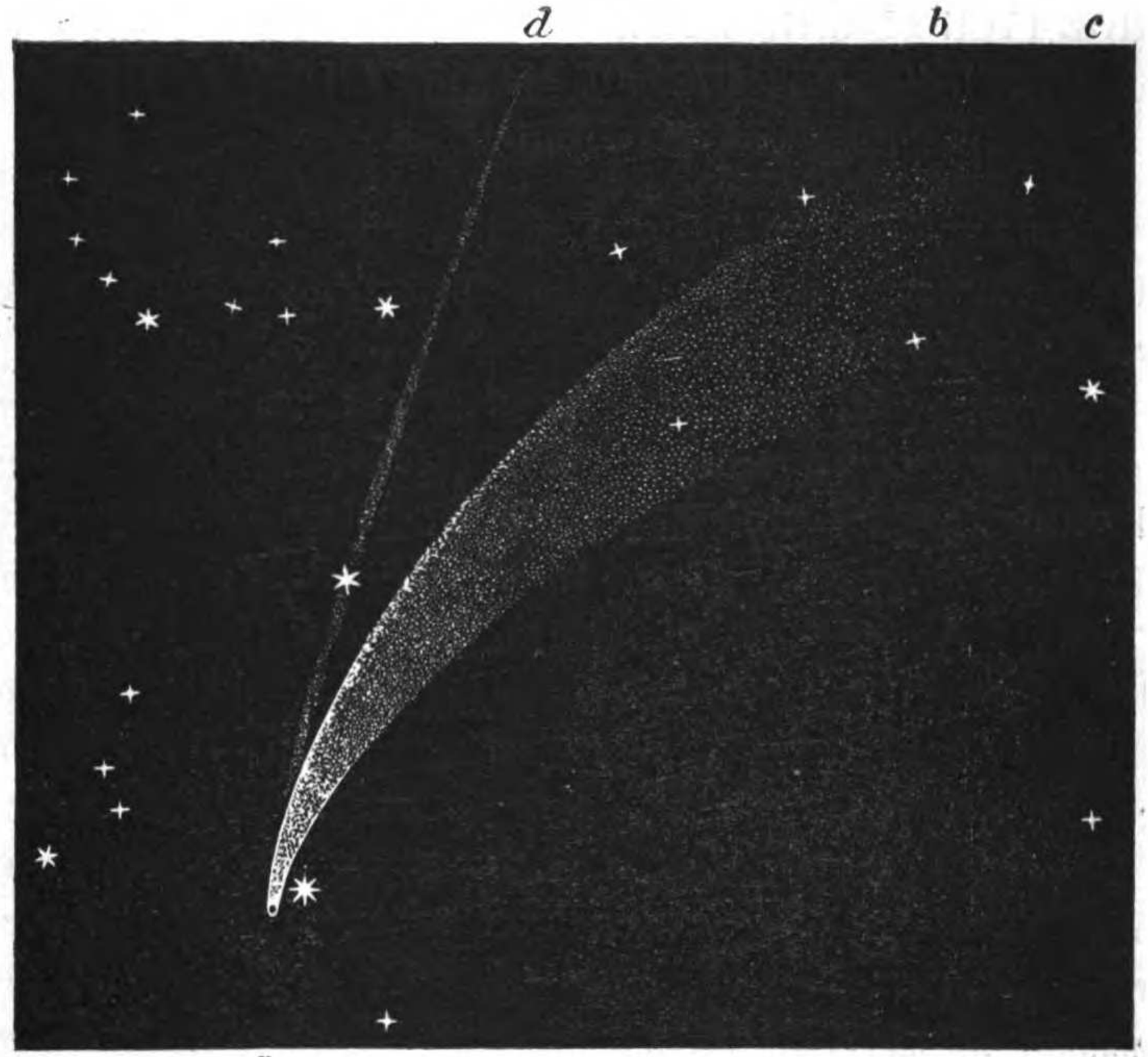
Fig. 558.



Eindelijk heeft Tycho Brahe, die Deensche sterrekundige, dien ik u al eens genoemd heb, door sterrekundige waarnemingen duidelijk aangetoond, dat de komeet van 1577 op veel grooteren afstand van de aarde bleef dan de maan. Nu bevindt zich de maan ver buiten den dampkring der aarde, dus die komeet bevond er zich ook buiten. De komeet was dus een lichaam of althans eene verschijning, die zich door de wereldruimte bewoog, en datzelfde kan van alle andere kometen gezegd worden. Maar nu was het voor de sterrekundigen van veel belang te weten: 1°. Welken weg de kometen door die wereldruimte doorloopen; 2°. of zij ook, evenals de planeten, zich om de zon bewegen; 3°. zoo ja, of het dan ook in eene ellips is, evenals de planeten doen; 4°. of de beweging in dezelfde richting geschiedt als de beweging van

de planeten; 5°. of hare loopbanen ook nagenoeg samenvallen

Fig. 559.



met het vlak der ekliptika, evenals de loopbanen der planeten; 6°. of men eenigszins verklaren kan, hoe de staart der kometen ontstaat, en of men ook weet uit welke stof de kometen zelve en hare staarten bestaan.

Gij ziet wel, hoeveel er te vragen is als men wat nauwkeuriger in de kennis van de kometen en hare beweging wil doordringen. Ik zal nu achtereenvolgens de verschillende punten, die ik u opgenoemd heb, met u behandelen.

§ 308.

HOE TYCHO BRAHE BEWEES DAT DE KOMEET VAN 1577 VEEL VERDER DAN DE MAAN VAN DE AARDE VERWIJDERD WAS.

ABDULLAH. Maar mijnheer, mag ik u eerst eens vragen, hoe Tycho Brahe bewees, dat die komeet veel verder dan de maan van de aarde verwijderd was?

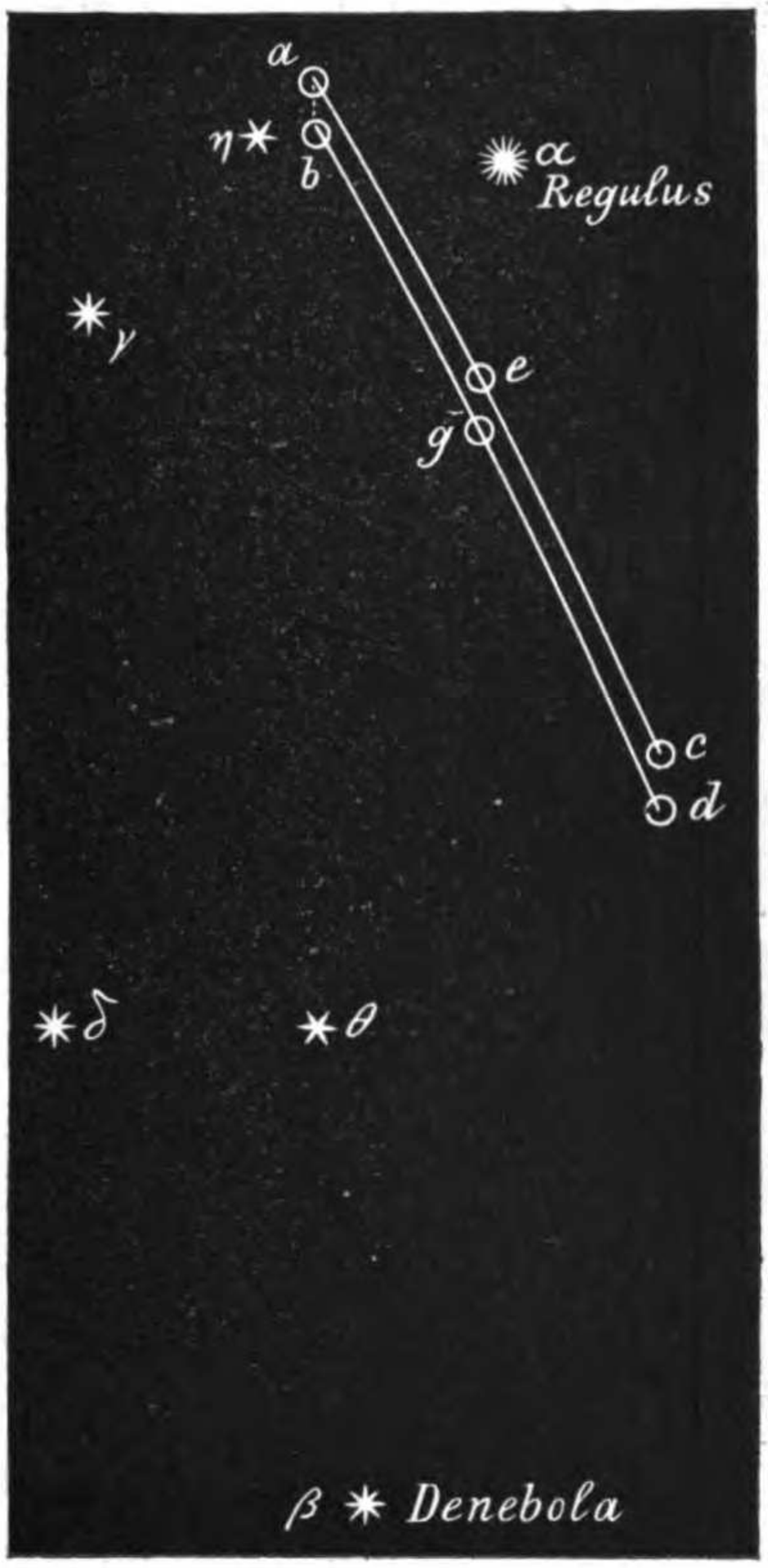
DE HEER. Wel dat is vrij eenvoudig. Ik moet u eerst herinneren, wat ik u vroeger al heb uitgelegd, dat de sterrekundigen den afstand van een hemellichaam alleen kunnen bepalen door het zoogenaamde *horizontale verschilzicht* of de *parallaxis* (3e stukje § 104—107). Ik heb u toen, (in § 104) ook uitgelegd, hoe men de horizontale parallaxis der maan heeft bepaald door de maan gelijktijdig op twee plaatsen, een in het noorderen een in het zuiderhalfrond, waar te nemen.

Maar om die methode toe te passen, moet er een afspraak bestaan tusschen de twee sterrekundigen, die op beide plaatsen waarnemen. Zulk eene afspraak had Tycho Brahe niet gemaakt; in zijn tijd waren er slechts weinige sterrekundigen van eenige beteekenis, en in het zuiderhalfrond geen enkele. Toch vond hij, dat de horizontale parallaxis van de komeet van 1577 steeds kleiner bleef dan die der maan, ja zelfs zoo klein, dat hij haar niet meten kon. Het is ook niet bepaald noodig, om waarnemingen van twee waarnemingsplaatsen te verbinden om de horizontale parallaxis van een hemellichaam te vinden. Vooral hier op Java, of op andere plaatsen dicht bij de evennachtslijn, zou het niet moeilijk zijn, door waarnemingen, op ééne plaats gedaan, vrij zuiver de horizontale parallaxis, en dus den afstand der maan te bepalen.

Want stel u eens voor dat de maan bijv. in het sterrebeeld de Leeuw staat en dat dat sterrebeeld, met de maan, een groot uur geleden in het oosten is opgekomen, dan zien wij de maan door het verschilzicht aanmerkelijk lager, dan zij uit

het middelpunt der aarde zich zou vertoonen. Bijv. indien de onderrand van fig. 560 den horizon voorstelt, en de maan, uit het middelpunt der aarde gezien, in *a* zou staan, dan zien wij haar lager en wel in *b* onder, d. i. oostwaarts van *a*.

Fig. 560.

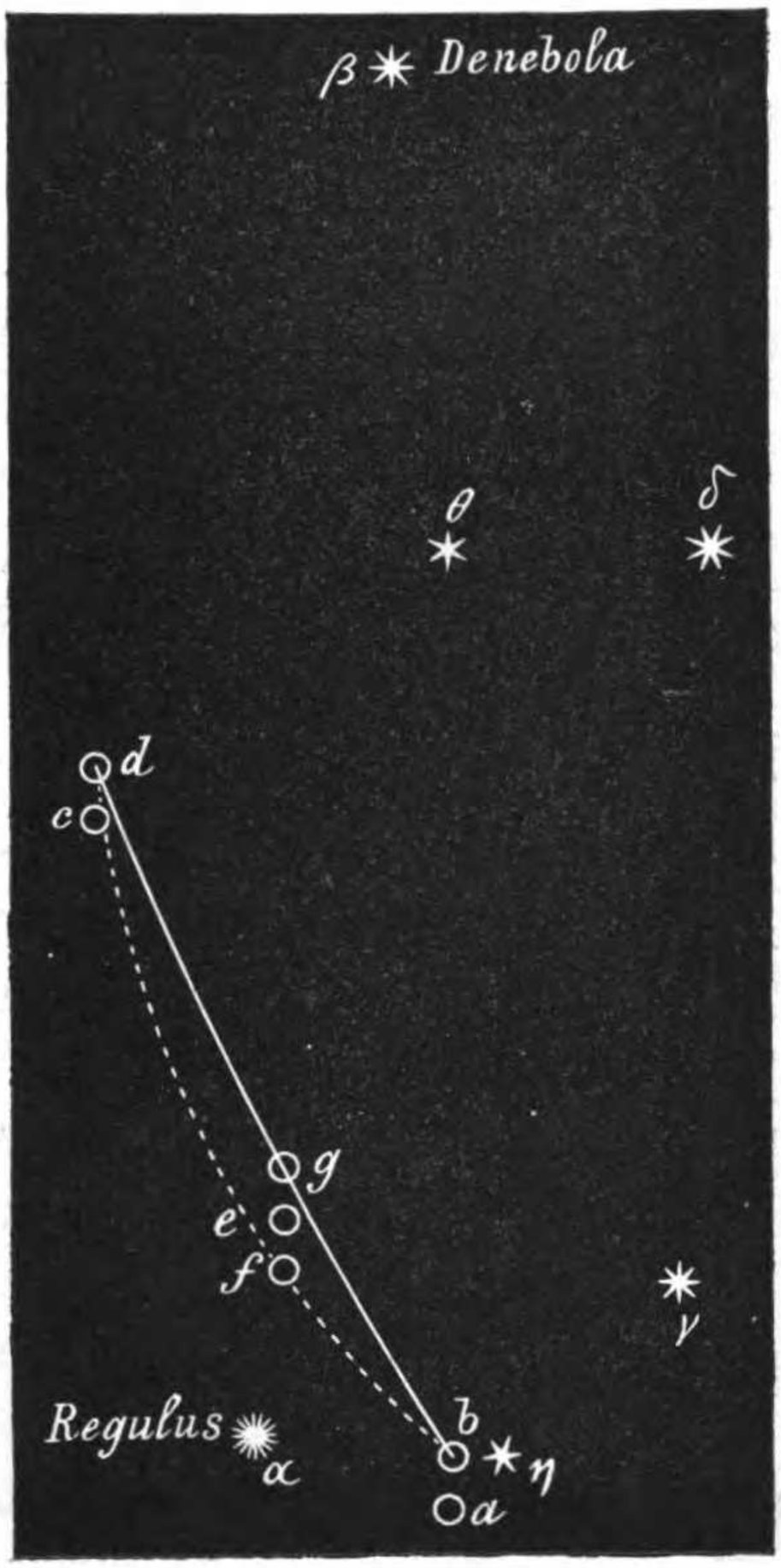


Den volgenden dag, ook vlak na de opkomst, zou de maan uit het middelpunt der aarde gezien staan in *c*, maar wij zien haar wederom lager, dus bijv. in *d*, evenzoo oostwaarts van *c*.

Terwijl dus, uit het middelpunt der aarde gezien, de maan in die tusschenruimte van een dag den weg *a c* zou doorloopen hebben, schijnt het ons toe dat zij zich langs den weg *b d* aan het hemelruim bewogen heeft. Maar in die 24 uren is de maan eerst aan den oostkant gerezen, toen door den meridiaan gegaan, daarna in het westen gedaald; is nu hetzelfde sterrebeeld in het westen gekomen, dan staat de geheele figuur omgekeerd; wat in het oosten boven was, is in het westen onder, en hetgeen in het oosten beneden was is in het westen boven; de figuur wordt nu zooals fig. 561; de maan zou uit het middelpunt der aarde gezien zich nu bevinden in *e*, dat tusschen *a* en *c* in ligt, een weinig dichter bij *a* dan bij *c*, omdat er tusschen het oogenblik dat de maan de eerste keer in het oosten gezien wordt, en het oogenblik dat zij in het

westen staat, in alle geval minder dan 12 uren, bijv. 10 uren gelegen is, terwijl er dan, totdat de maan den volgenden dag in *c* is, meer dan 12, bijv. 14 uren verloopen.

Fig. 561.



Van Batavia gezien, vertoont de maan zich echter lager dan *e*, dus in *f*, westwaarts van *e*; nu ziet gij in de figuur den invloed van de parallaxis, want de richting, waarin in het westen de maan verplaatst wordt, is, op eene sterrekaart of hemelglobe geteekend, zeer nabij tegenovergesteld aan de richting der verplaatsing in het oosten.

Ware de verplaatsing in *dezelfde* richting geweest, dan zou de maan gezien zijn in *g*, zijnde *c g* in dezelfde richting en even lang getrokken als *a b* en *c d*; dat punt *g* zou zich dus bevinden tusschen de punten *b* en *d*, en wel zoodanig, dat *b g*, indien wij onze getallen van zoo aanstonds, 10 en 24 uren, behouden, $\frac{10}{24}$ zou bedragen van *b d*.

Maar nu de maan in *f* gezien wordt, ziet gij wel, dat *b f* veel kleiner is dan $\frac{10}{24}$ van *b c*; door sterrekundige instrumenten kan men bepalen, hoe groot de afstand is van *g*, de plaats, waar de maan staan zou, indien het verschilzicht in het westen werkte, evenals in het oosten, en van *f*, de plaats, waar zij nu staat, en daaruit zeer goed afleiden, hoe groot het verschilzicht en dus ook hoe groot de afstand der maan van de aarde is.

Ik heb u vroeger al eens medegedeeld, (3e stukje, § 107), dat het horizontale verschilzicht der maan gemiddeld 57′ 2″, dus bijna één graad bedraagt. In de figuur, die wij zooeven beschouwden, is nu de boog $b f$ kleiner dan $b g$, en het verschil bedraagt ongeveer het dubbele van deze grootheid, dus ongeveer twee graden, d. i. bijna vier maal de middellijn der maan.

Toen er nu in het jaar 1577 eene komeet aan den hemel verschenen was, deed Tycho Brahe hetzelfde onderzoek met betrekking tot die komeet, als hetgeen ik u nu uitgelegd heb, maar, hoeveel moeite hij zich daartoe gaf, hij kon met zijne instrumenten (waarop nog geene kijkers waren, want die waren nog niet uitgevonden), het verschilzicht der komeet niet bepalen, omdat het te klein was. Nu weet gij wel, dat, hoe grooter de afstand van een hemellichaam is, hoe kleiner het verschilzicht, en Tycho Brahe besloot dus terecht, dat de komeet van 1577 en waarschijnlijk wel alle kometen niet in onzen dampkring te huis behooren, maar hun loop in de wereldruimte afleggen evenals de planeten.

---

§ 309.

WELKEN VORM DE LOOPBANEN DER KOMETEN HEBBEN.

Eenmaal aangenomen, dat de kometen zich in de wereldruimte bewegen, doet zich natuurlijk de vraag voor, in welke banen bewegen zij zich?

Tycho Brahe dacht, dat de kometen zich in een cirkel om de zon bewogen, maar hierin vergiste hij zich.

In zijn tijd was de burgemeester der stad Danzig in Pruisen met name Hevelius, een groot liefhebber der sterrekunde; ook omtrent de kometen heeft hij vele onderzoekingen uitgevoerd, die hem een grooten naam gegeven hebben; hij ver-

Fig. 562.



beeldde zich aanvankelijk, dat zij in rechte lijnen door het zonnestelsel liepen, maar het bleek, dat dit niet zoo was.

Als men nauwkeurig op eene sterrekaart aanteekent, waar eene komeet zich elken avond bevindt, en als men al die plaatsen door eene kromme lijn verbindt, dan verkrijgt men de geheele baan, die zij aan den hemel beschreven heeft. Bijv. in fig. 562 ziet gij de geheele baan, die de groote komeet van 1881 aan den hemel beschreven heeft.

Neemt men nu aan, dat de komeet in een cirkel of in eene rechte lijn geloopen heeft, dan kan gevraagd worden, hoe is dan de ligging van dien cirkel of van die rechte lijn geweest, zoodat men, van de aarde uit, haar die loopbaan heeft zien afleggen? En dan is het niet mogelijk een cirkel of eene rechte lijn te bedenken, die aan die voorwaarde voldoet.

ABDULLAH. Maar is het dan ook bekend, hoe zij zich bewegen?

DE HEER. Ja, dat heeft Newton het eerst gevonden. Ik heb u immers vroeger medegedeeld, dat Newton de oorzaak van de beweging der planeten gevonden heeft, namelijk de aantrekkingskracht der zon. Nu redeneerde Newton aldus: als de aantrekkingskracht der zon op alle lichamen werkt, dan moeten de kometen er

ook aan onderworpen zijn, en de vraag is dus, welke loopbanen moeten de lichamen beschrijven, die door de zon aangetrokken worden, daarbij in acht nemende, dat de aantrekkingskracht omgekeerd evenredig is aan de tweede macht van de afstanden. (1e stukje, § 21, 3e stukje, § 114).

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is immers eene ellips, in wier brandpunt de zon staat?

DE HEER. Dat is niet altijd zeker. Newton onderzocht die vraag en vond, dat, als een lichaam door een ander aangetrokken wordt op dezelfde wijs als de zon aantrekt, de baan, die het beschrijft, eene van vier lijnen wezen moet, een cirkel, eene ellips, eene parabool of eene hyperbool.

---

§ 310.

OVER DE KEGELSNEDEN.

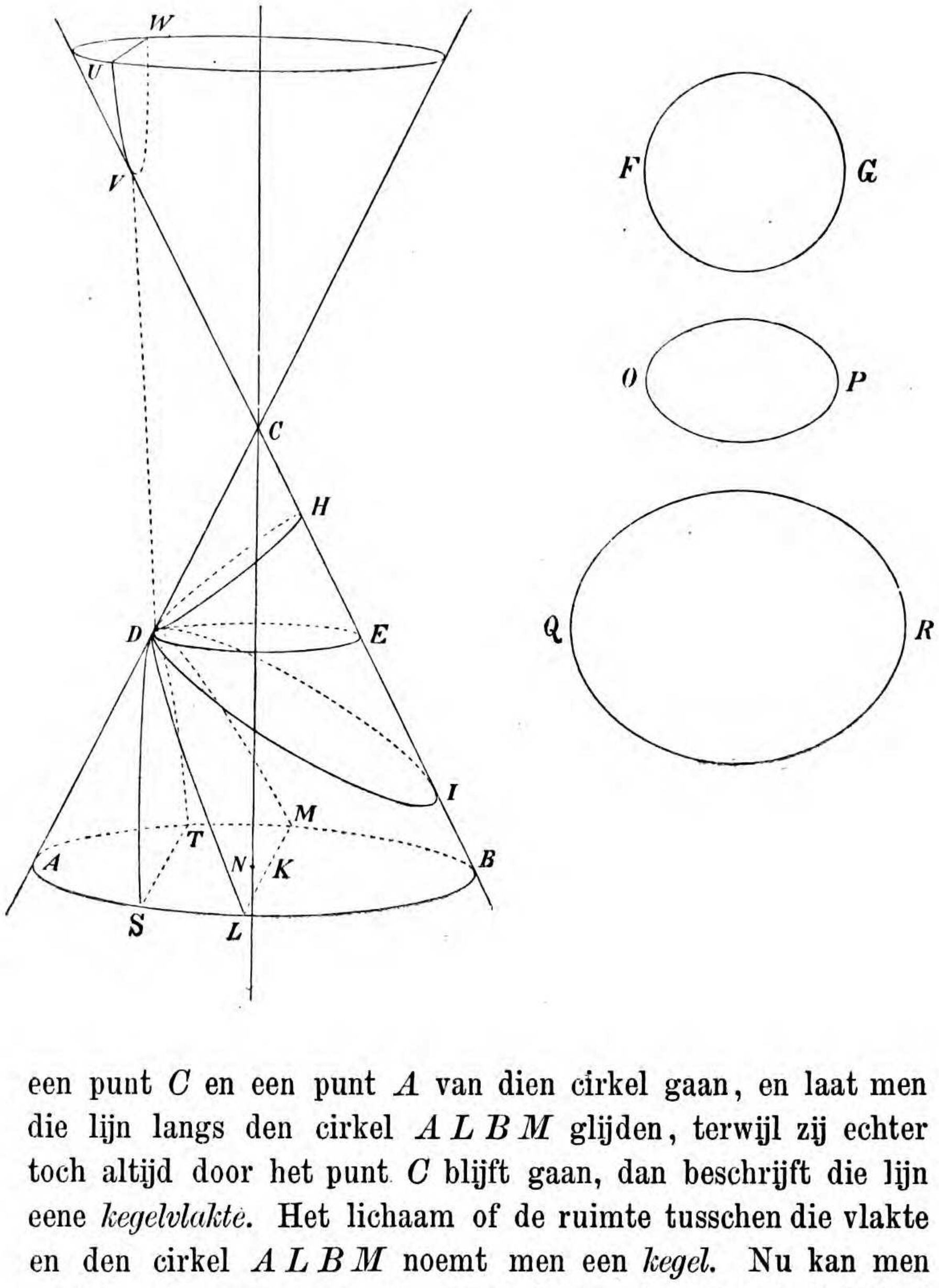
Wat een cirkel is, weet gij, wat eene ellips is ook. De twee andere lijnen zijn u wellicht nog onbekend. Alle vier die lijnen behooren tot eene zelfde groep, die men *kegelsneden* noemt. Ik zal u zeggen waarom.

Wat wij door een kegel en eene kegelvlakte verstaan, weet gij reeds; toen wij over ellipsen en over den achteruitgang der nachteveningen spraken (2e stukje, 1e hoofdstuk, en 3e stukje, § 120), hebben wij die woorden dikwijls genoeg gebruikt. De mandjes, die gebruikt worden om rijst uit te stoomen (koekoesan), sommige soorten van inlandsche hoeden (toedoeng), blikken trechters, de papieren zakjes, waarin koffie, suikergoed, enz. verkocht wordt, zijn voorbeelden van kegelvlakten.

In de wiskunde beschouwt men eene kegelvlakte gewoonlijk als op de volgende wijze te ontstaan: zij, fig. 563, $ALBM$ een cirkel, en C een punt buiten dien cirkel. Men kan dit punt aannemen in de lijn NC, die door het middelpunt van den cirkel loodrecht op het vlak van den cirkel staat, maar

dat is niet noodzakelijk. Laat men nu eene rechte lijn door

Fig. 563.



een punt C en een punt A van dien cirkel gaan, en laat men die lijn langs den cirkel $A\,L\,B\,M$ glijden, terwijl zij echter toch altijd door het punt C blijft gaan, dan beschrijft die lijn eene *kegelvlakte*. Het lichaam of de ruimte tusschen die vlakte en den cirkel $A\,L\,B\,M$ noemt men een *kegel*. Nu kan men de lijn, die men over het punt C en den cirkel $A\,B$ laat glijden, oneindig ver aan weerszijden verlengd denken. Dan houdt die kegelvlakte niet bij den cirkel $A\,B$ op, maar strekt

zich in de richting van C naar A, L, B, enz. oneindig ver uit. Maar ook aan de andere zijde van C kan men zich die lijnen denken; door hare beweging ontstaat dus eigenlijk eene vereeniging van twee kegelvlakten, die met hunne spitsen tegen elkander gericht zijn.

Als men nu zulk eene kegelvlakte door een vlak doorsnijdt, dan verkrijgt men verschillende soorten van kromme lijnen, naarmate men aan dat vlak de eene of de andere ligging geeft.

Is het vlak $D E$ evenwijdig aan het vlak $A B$, dat men het grondvlak noemt, dan verkrijgt men eene doorsnede $D E$, die de gedaante van een cirkel heeft. In de figuur ziet men dien cirkel uit de schuinte, en daarom doet hij zich daar als eene ellips voor, maar ziet men hem van boven, dan doet hij zich voor als de cirkel $F G$.

Neemt men de doorsnede schuiner, hetzij in de richting van $D H$, hetzij in die van $D I$, dan is de doorsnede eene ellips. De ellipsen $D H$ en $D I$ worden in $O P$ en $Q R$ in hare natuurlijke grootte voorgesteld.

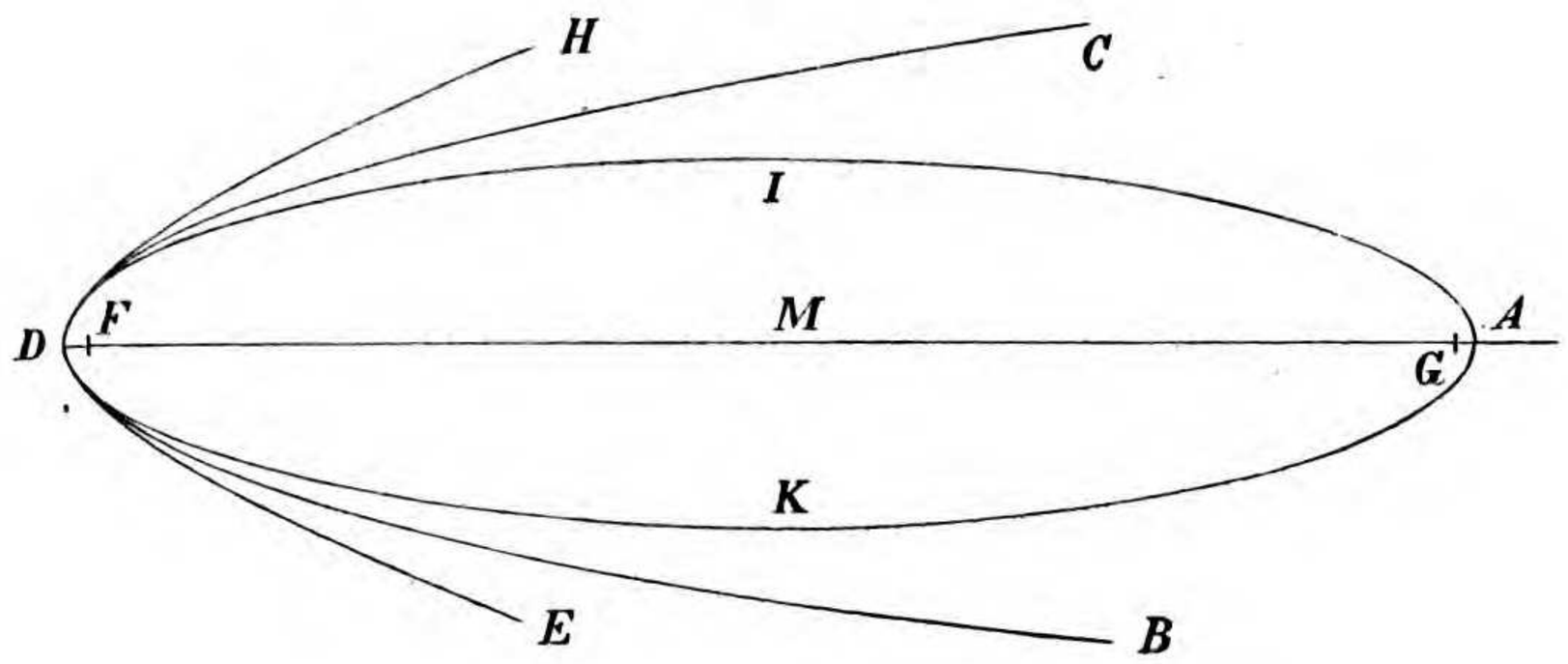
Die ellipsen nu zijn evengoed geslotene kromme lijnen als de cirkel. Hoe schuiner onze doorsnede is, hoe langwerpiger van gedaante de ellips zal zijn. Maar indien wij nu onze doorsnede allengs schuiner en schuiner nemen dan $D I$, en wel zoo schuin dat het vlak van doorsnede $D L K M$ evenwijdig is aan $C B$, zoodat die lijn noch aan de eene, noch aan de andere zijde van den top C bereikt wordt, dan is de doorsnede eene lijn $L D M$, die, hoever ook verlengd, zich nooit sluit, maar hoe langer hoe wijder opengaat. Zulk eene lijn noemt men eene *parabool*.

Kort te voren is de doorsnede nog eene zeer langwerpige ellips geweest, en gij kunt daaruit reeds opmaken, dat er aan den top D zeer weinig verschil moet zijn in het verloop eener parabool en eener zeer langwerpige ellips.

Dit kunt gij ook zien uit fig. 564, waar gij beide deze kromme lijnen afgebeeld ziet met de assen op elkander en de

toppen ook. De kromme lijn $A\,I\,D\,K$ is eene ellips, de lijn $B\,D\,C$ eene parabool, die denzelfden top en hetzelfde brand-

Fig. 564.

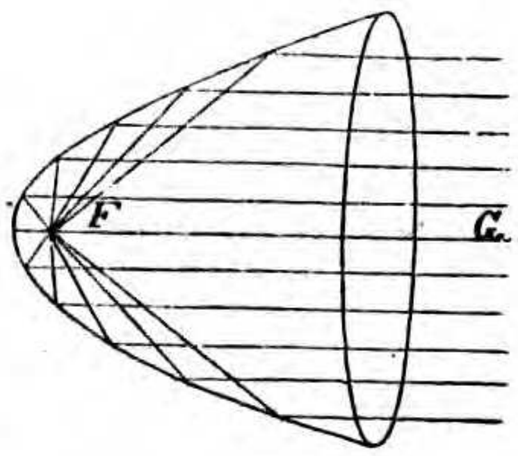


punt hebben. Dicht bij den top D loopen zij zoo dicht bij elkander, dat men ze niet van elkander kan onderscheiden.

ABDULLAH. Maar mijnheer, heeft zoo een parabool evengoed brandpunten als eene ellips?

DE HEER. Het spreekt van zelf dat een der brandpunten, namelijk het verste, G, wegvalt, omdat de parabool beschouwd kan worden als eene ellips, waarvan de groote as oneindig lang is. Maar het andere, F, blijft en wordt óók brandpunt genaamd. En die naam is zeer goed gekozen, want als men een hollen spiegel heeft, fig. 565, die den vorm heeft welken men verkrijgt als men eene parabool om hare as laat omdraaien, dan zullen licht- of warmtestralen, die evenwijdig aan de as er invallen, zooals de figuur aanduidt, na de terugkaatsing zich alle in dat brandpunt F vereenigen; en omgekeerd zal eene lamp F, in het brandpunt geplaatst, zijn licht na de terugkaatsing, in eenen bundel uitzenden, die den omvang van den spiegel heeft, en evenwijdig aan de as gericht is. Dergelijke spiegels werden vroeger veel voor zoogenaamde vuurtorens gebruikt.

Fig. 565.



Zooals ik u zooeven zeide, is het mogelijk dat een lichaam om de zon in eene parabool loopt. Is dat het geval, dan moet de zon ook in het brandpunt van die parabool staan.

---

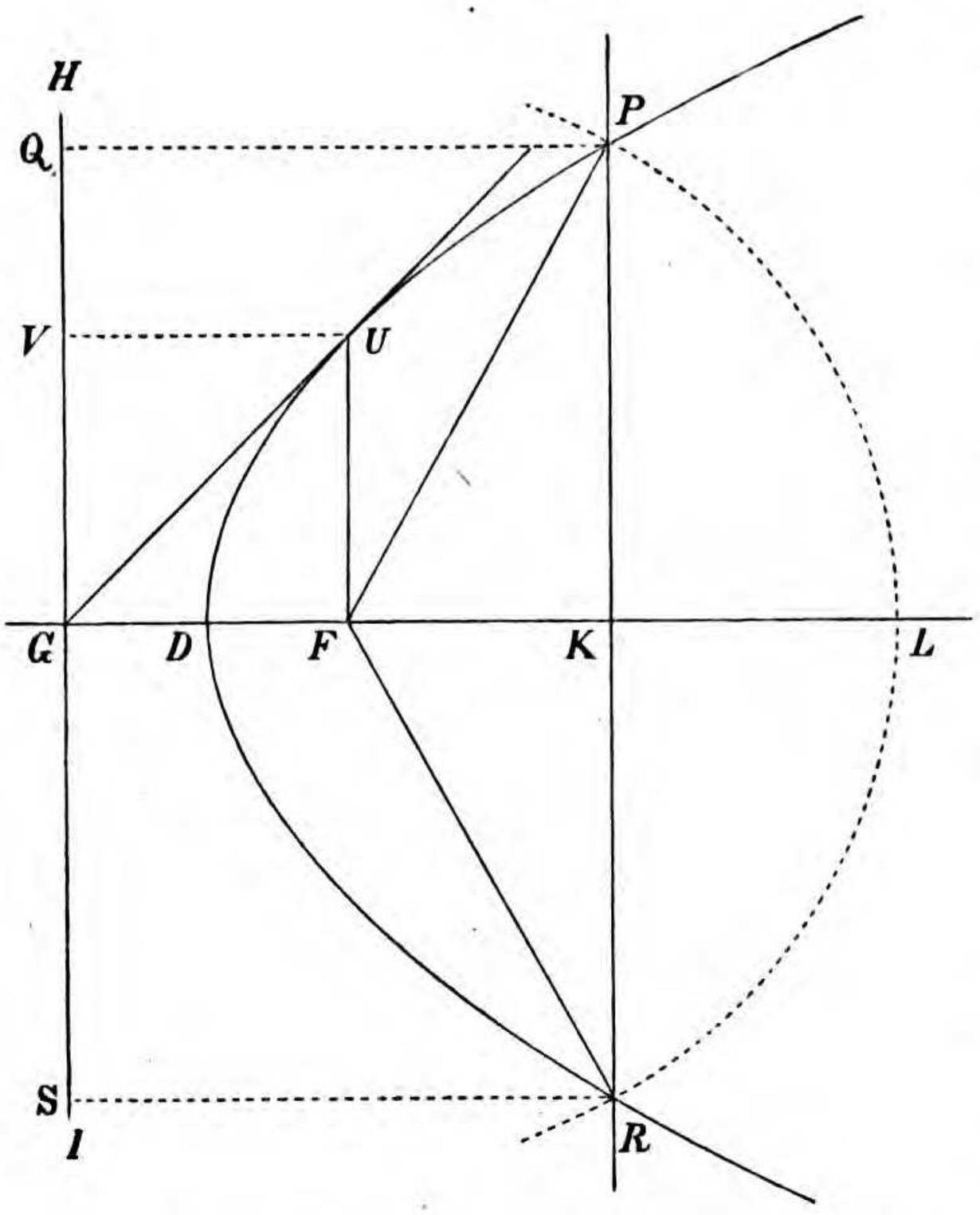
§ 311.

HOE MEN EEN PARABOOL KAN TEEKENEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, is het moeilijk zulk eene parabool te teekenen?

DE HEER. O neen; zie eens hier, hoe gij dit doen kunt. Stel gij wilt eene parabool teekenen, waarvan D (fig. 566), de top en F het brandpunt is. Gij verlengt de lijn $D\,F$ aan den kant van den top; verder neemt gij $D\,G = D\,F$; door G trekt gij eene loodlijn $H\,I$ op $G\,F$. Deze lijn noemt men de *richtlijn* van de parabool.

Fig. 566.



Nu ziet gij wel, dat D even ver afstaat van het brandpunt F als van de richtlijn $G\,H$. Diezelfde eigenschap hebben al de punten der parabool, en daardoor kan men haar gemakkelijk teekenen. Neem ik $G\,K$ willekeurig aan, trek ik door K eene lijn $P\,R$ loodrecht op de as $G\,F$, dus evenwijdig aan de richtlijn $H\,I$, dan staan alle punten P, R van deze lijn even ver van de richtlijn af.

Neem ik nu dienzelfden afstand tusschen de beenen van een passer, en trek ik uit het brandpunt F als middelpunt een cirkelboog $P\,L\,R$ met dien afstand $F\,P$ als straal, dan voldoen de snijpunten P en R van dien cirkelboog met de lijn $P\,R$, aan de eigenschap, dat hun afstand tot het brandpunt even groot is als hun afstand tot de richtlijn, en het zijn dus punten van de parabool. Op diezelfde wijze kan men zoovele punten van de parabool vinden als men wil.

De afstand $P\,F$ van een punt P der parabool tot het brandpunt F noemt men den *voerstraal* van dat punt. *Van elk punt eener parabool is dus de afstand tot de richtlijn gelijk aan den voerstraal.*

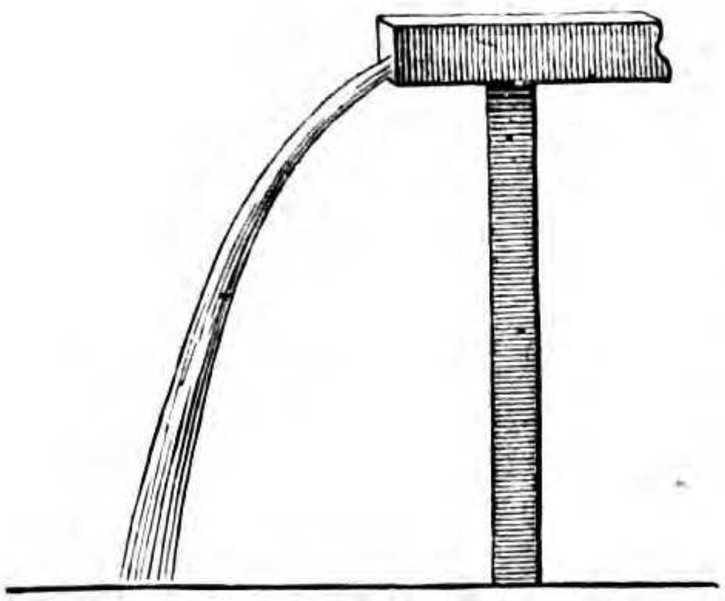
Men noemt $D\,F$ den *brandpuntsafstand* der parabool, en gij ziet dus wel, dat men, om eene parabool te teekenen, slechts één gegeven noodig heeft, nl. den brandpuntsafstand.

In zoover komt de parabool met den cirkel overeen; ook bij dezen behoeft men slechts ééne lijn, den straal, te kennen, om hem te teekenen. Voor de ellips, dit weet gij, heeft men twee gegevens noodig, b. v. de groote en de kleine as. Maar hiervan is ook het gevolg, dat alle ellipsen niet aan elkander gelijkvormig zijn, maar alle cirkels wel en alle parabolen ook.

ABDULLAH. Dat is wel merkwaardig, mijnheer; ik had wezenlijk nooit van eene parabool gehoord.

DE HEER. En toch hebt gij zeker honderden malen eene parabool gezien, zonder er om te denken. Hebt gij er wel eens op gelet, hoe het regen- of bergwater uit eene goot naar beneden vloeit, fig. 567? Welnu deze lijn is eene parabool. Hetzelfde is het geval met water, dat uit eene gendie of kan geschonken wordt. Een steen of een kogel of elk ander zwaar voorwerp, dat schuin in de hoogte geworpen wordt, (1e stukje, fig. 58,) beschrijft in de lucht strikt genomen eene ellips, die

Fig. 567.



zijn eene brandpunt boven den grond, zijn andere brandpunt in het middelpunt der aarde heeft, maar in vergelijking met het gedeelte van die ellips, dat wij hem zien doorloopen, is de as zoo groot, dat die top in het geheel niet van dien van eene parabool te onderscheiden is, en meestal wordt dan ook gezegd, dat een kogel, die schuin opgeschoten, of een steen, die schuin opgeworpen wordt, eene parabool beschrijft.

Men ziet zulke goten loopen, men ziet een steen zich in eene kromme baan door de lucht bewegen zonder door te denken, en daardoor merkt men de bijzonderheden niet op, die erbij behooren, en die soms toch merkwaardig zijn.

---

§ 312.

OVER DE HYPERBOOL. HOE MEN DIE KAN TEEKENEN.

Eindelijk moet ik u nog vertellen, wat de hyperbool voor eene lijn is.

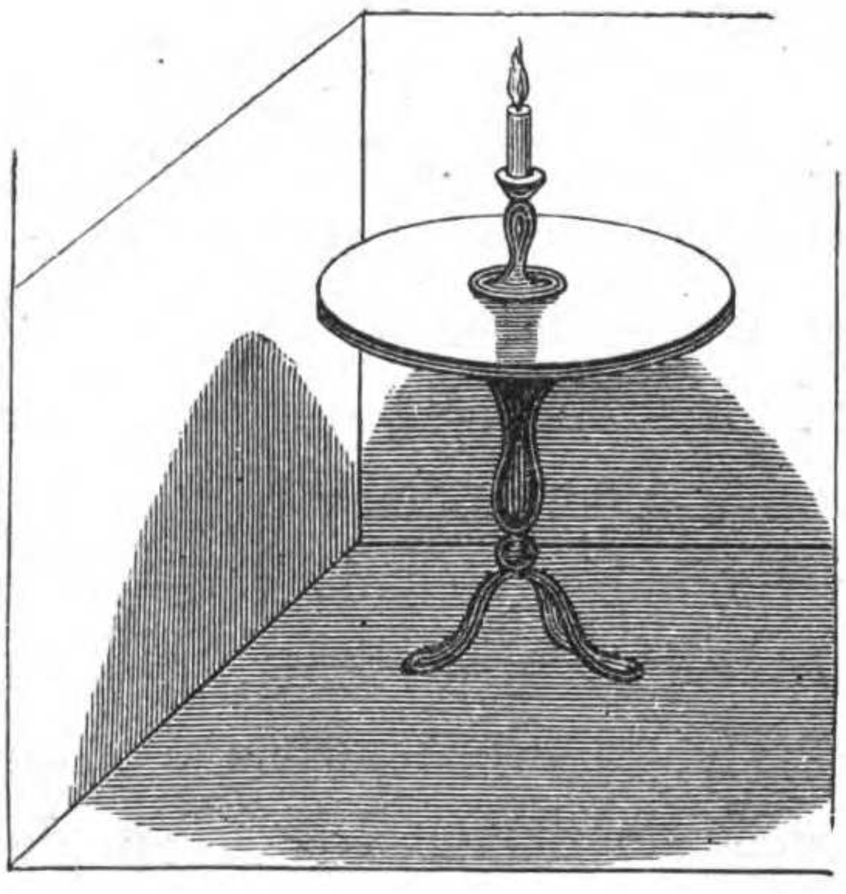
Bezie nog eens fig. 563. Gij kunt aannemen, dat wij de vlakte, waarmede wij de kegelvlakte doorgesneden hebben, hebben laten draaien; eerst had die vlakte den stand DH, toen den stand DE, toen DI, eindelijk DK. Bij dezen laatsten stand werd de lijn CB, die zich vlak tegenover het punt D bevindt, niet meer gesneden. Maar wat zal er nu gebeuren als wij die vlakte nog verder laten draaien? Het spreekt van zelf, dat aan de benedenzijde der figuur aan den kant van B de lijn CB niet meer doorsneden *kan* worden (de doorsnede SDT is dus, hoe ver ook verlengd, niet gesloten, evenmin als de parabool LDM); maar dat, als de doorsnijdende vlakte rugwaarts verlengd wordt, zooals in de figuur het geval is, er dan ook eene doorsnede UVW in de andere helft der kegelvlakte ontstaat. De wiskundigen hebben gevonden, dat die doorsnede volmaakt gelijk is aan de doorsnede van de eerste helft.

De vereeniging van deze twee doorsneden maakt eene *hyperbool* uit. Men noemt ze de *takken* van de hyperbool. Het is dus eene lijn, die, evenals eene parabool, niet gesloten is en hoe langer hoe wijder opengaat, maar, terwijl de parabool slechts één tak heeft, heeft de hyperbool er twee.

Is de doorsnede slechts *een weinig* verder gedraaid dan fig. 563 $L\,D\,M$ aangeeft, dan is ook de figuur der doorsnede, althans dicht bij den top, nagenoeg gelijk aan die van de parabool, en is er in werkelijkheid niet van te onderscheiden; maar is de doorsnede ver genoeg gedraaid, dan ziet men het onderscheid dadelijk.

In dezelfde figuur van zoo aanstonds, fig. 564, is ook eene hyperbool $E\,D\,H$ getrokken met hetzelfde brandpunt en denzelfden top als de parabool $B\,D\,C$ en de ellips $A\,I\,D\,K$ hebben; gij ziet, dat aan den top deze hyperbool nagenoeg hetzelfde beloop heeft als die beide andere lijnen. Zulke hyperbolen, die denzelfden top en hetzelfde brandpunt hebben, en *buiten* de parabool vallen, kunnen wij oneindig veel trekken; evenzoo kunnen wij een oneindig aantal ellipsen trekken, die hetzelfde brandpunt en denzelfden top hebben, en *binnen* de parabool vallen; gij ziet dus, dat de parabool als de overgang beschouwd kan worden van de ellips tot de hyperbool.

Fig. 568.



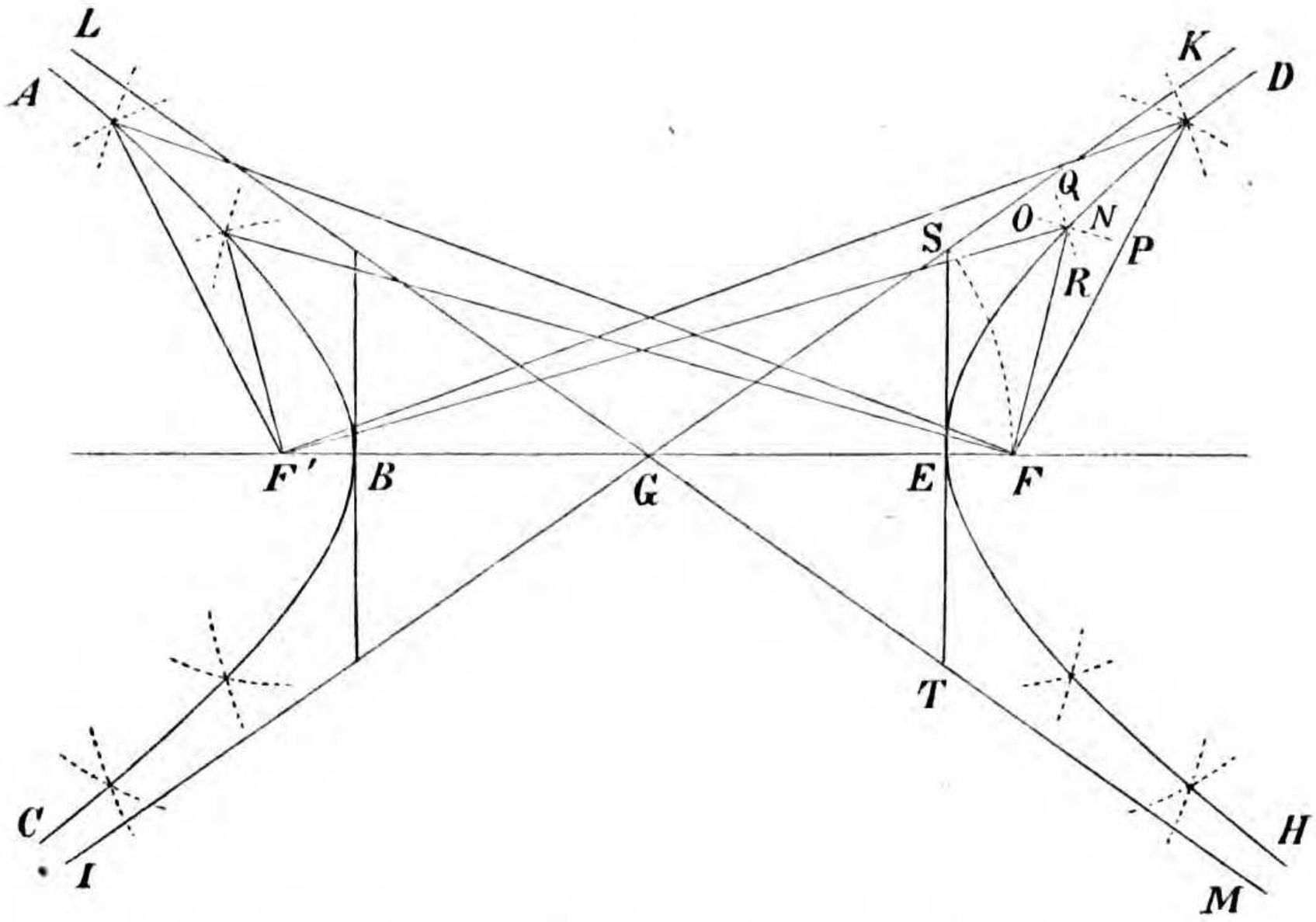
eene hyperbolische schaduw.

Ik kan u eene gemakkelijke proef doen kennen, waardoor gij dadelijk eene hyperbool ziet ontstaan. Indien gij namelijk, zie fig. 568, eene ronde tafel dicht bij een muur zet en gij plaatst op die tafel eene kaars of lamp, dan werpt het blad der tafel op den muur schaduw geen cirkel, geene Gij zult dadelijk zien, dat die ellips en ook geene parabool

is; naar beneden loopt die schaduw te recht uit. Het spreekt van zelf, dat de tweede tak van de hyperbool hier niet gevormd wordt, daar de lijnen, die *uit* het licht *naar* den rand der tafel getrokken worden, slechts aan de andere zijde van het blad de schaduw begrenzen.

De nagenoeg rechte loop van de grens dier schaduw wordt verklaard door eene merkwaardige eigenschap der hyperbolen, namelijk, dat als men (zie fig. 569) de beide takken $A\,B\,C$

Fig. 569.



en $D\,E\,H$ eener zelfde hyperbool geteekend heeft, er twee rechte lijnen bestaan, $I\,K$ en $L\,M$, die aan weerszijden wel door de beide takken zoo dicht mogelijk genaderd, maar toch nooit bereikt worden. Volgt men bijv. den tak $E\,D$ en de lijn $I\,K$, dan zal de afstand van die kromme en die rechte lijn ergens (in dit geval op een afstand van 90 millimeters van het middelpunt G), slechts één millimeter bedragen. Maar al neemt men in de plaats van één millimeter $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ millimeter, eens zullen wij op plaatsen komen, waar de onderlinge afstand der beide lijnen kleiner is dan deze geringe grootte. Die lijnen $I\,K$ en $L\,M$ noemt men met een Grieksch

woord de *asymptoten* van de hyperbool, dat wil zeggen de *niet samenvallende* of de *niet ontmoetende* rechte lijnen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, heeft zoo eene hyperbool nu ook brandpunten?

DE HEER. Zeer zeker. Die ziet gij in F en F'. Zij hebben eene eigenschap, die veel overeenkomt met die der brandpunten eener ellips. In eene ellips is de *som* der twee lijnen $F\,C$ en $F'\,C$, die men *voerstralen* noemt, gelijk aan de groote as $A\,B$. Vandaar de u bekende wijze, om eene ellips te teekenen door middel van twee spelden, een draad en een potlood (1e stukje, § 16, fig. 34).

In eene hyperbool daarentegen is het *verschil* der twee voerstralen $F\,N$ en $F'\,N$ (fig. 569) gelijk aan de groote as $B\,E$. Het is niet zoo gemakkelijk deze eigenschap aan te wenden, om eene hyperbool te trekken, dan die andere eigenschap, om eene ellips te teekenen. Maar met een passer kan men het heel wel doen; want als men twee lijnen $F\,N$ en $F'\,N$ neemt, wier lengten een verschil hebben gelijk aan $B\,E$, en als men met die lijnen als straal, twee cirkelbogen $O\,P$ en $Q\,R$ trekt, die elkander snijden, (de eene uit F, de andere uit F' als middelpunt), dan is het snijpunt N van die bogen een punt van de hyperbool. Op die wijze kan men zoovele punten van zulk eene lijn verkrijgen als men wil, en dan door al de verkregene punten eene kromme lijn trekkende, verkrijgt men de hyperbool. Wanneer men op die wijze eene lijn teekent, namelijk door er een aantal punten van te bepalen, dan noemt men dat in de wiskunde, zulk eene lijn *construeeren*, en de wijze, waarop het geschiedt, heet eene *constructie*.

De brandpunten vindt men gemakkelijk, en wel op de volgende wijze. De groote as $B\,G\,E$ deelt den hoek, dien de asymptoten met elkander maken middendoor, en snijdt de twee takken der hyperbool in de twee *toppen* B en E. Als men nu door een dier toppen, bijv. E, eene lijn trekt, loodrecht op die as $B\,E$, die de asymptoten in de punten S en T snijdt, dan is natuurlijk $G\,S = G\,T$ en, als men nu $G\,F$ en $G\,F'$ gelijk

maakt aan GS of GT, dan zijn F en F' de brandpunten der hyperbool.

Loopt een lichaam om de zon in eene hyperbool, dan moet de zon in het brandpunt staan; maar gij begrijpt wel, dat het lichaam altijd in denzelfden tak der hyperbool blijven moet, en nooit tot den anderen tak kan overgaan.

---

§ 313.

ANDERE WIJZE, EENE ELLIPS OF EENE HYPERBOOL TE TREKKEN, OVEREENKOMENDE MET DE WIJZE, IN § 311 UITGELEGD, OM EENE PARABOOL TE TEEKENEN.

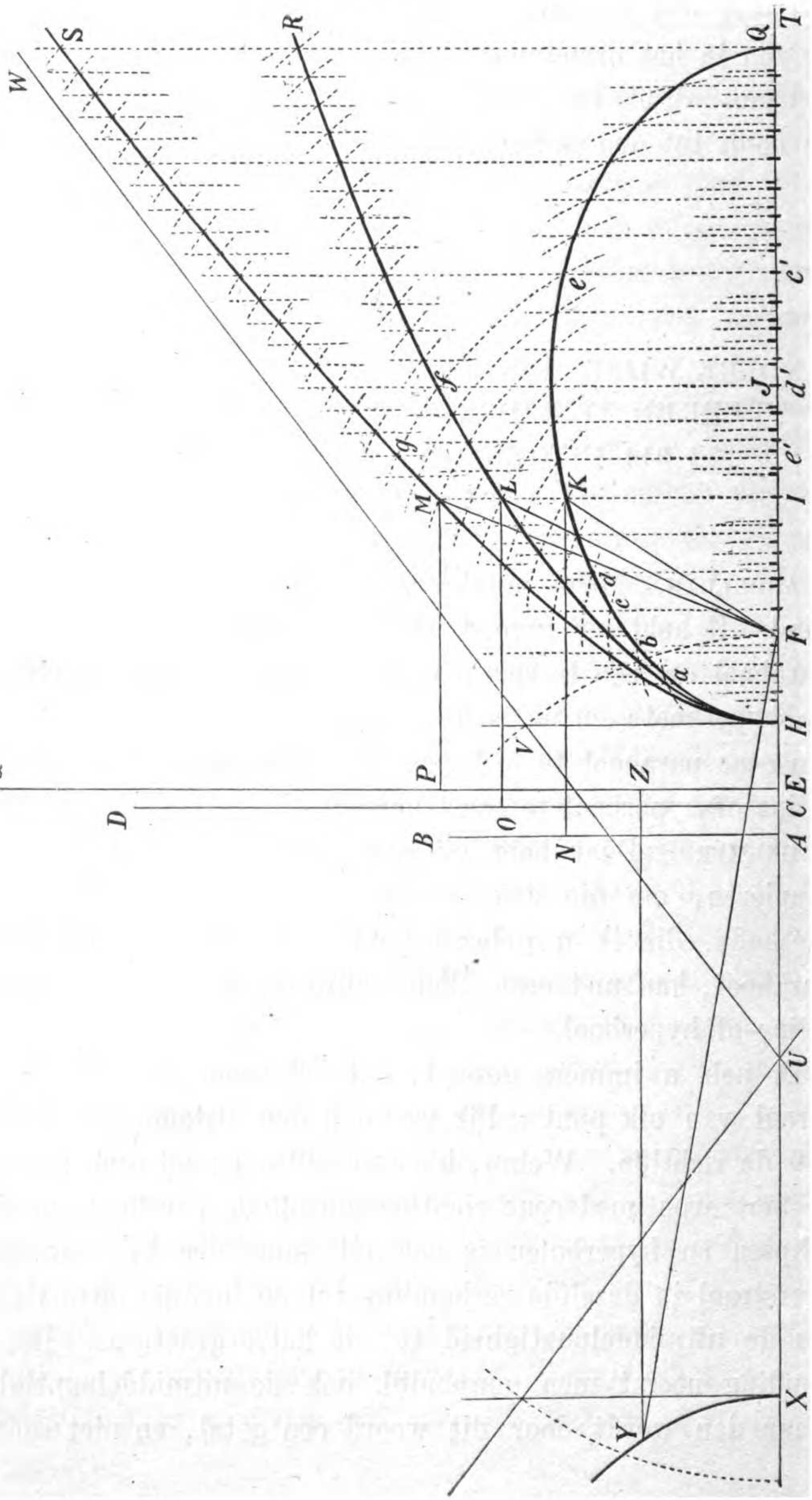
ABDULLAH. Maar mijnheer, er is eene zaak, die ik vreemd vind. U hebt mij gezegd, en dat begrijp ik heel goed, dat de parabool om zoo te spreken, de overgang is van de ellips tot de hyperbool; en nu is de manier, die u mij hebt opgegeven om eene parabool te teekenen, zoo geheel anders dan om eene ellips of hyperbool te construeeren.

DE HEER. Daar hebt gij wel gelijk aan, maar er zijn vele manieren, om die drie soorten van lijnen te teekenen. De methode, die ik u geleerd hebt voor het construeeren eener parabool, kan met eene kleine wijziging ook dienen voor eene ellips of hyperbool.

Ik heb u immers gezegd, dat bij eene parabool de voerstraal van elk punt gelijk was aan den afstand van dat punt tot de richtlijn. Welnu, bij eene ellips en bij eene hyperbool bestaat even goed eene richtlijn als bij de parabool, maar bij ellipsen en hyperbolen is van elk punt der kromme lijn de voerstraal in dezelfde verhouding tot de loodlijn op de richtlijn als de uitmiddelpuntigheid tot de halve groote as. Die verhouding noemt men gewoonlijk ook de uitmiddelpuntigheid, maar dan wordt door dit woord een getal, en niet eene lijn

verstaan. Bij de ellips is dat getal altijd *kleiner* dan de een-

Fig. 570.



heid, dus eene breuk; bij de hyperbool is het *grooter* dan de eenheid, terwijl de uitmiddelpuntigheid eener parabool *gelijk* aan de eenheid is.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat begrijp ik niet; eene parabool heeft immers geen middelpunt?

DE HEER. Daar hebt gij gelijk aan, maar bezie eens fig. 570. Daar ziet gij eene halve ellips HKQ. Stel eens, dat ik den top H en het brandpunt F onveranderd op hunne plaatsen laat, en daarentegen het middelpunt J hoe langer hoe meer van den top verwijder, dan zal de verhouding van JF tot JH hoe langer hoe meer tot de eenheid naderen en er zoo dicht bijkomen als gij zelf maar verkiest, zoodat de verhouding eindelijk zoo goed als gelijk aan de eenheid is. Tevens nadert dan de ellips hoe langer hoe meer tot de parabool HLR, zoodat zij ten slotte van een gedeelte, als bijv. hetgeen hier op de teekening is aangegeven, in het geheel niet te onderscheiden is. Om deze reden is het, dat men beweren kan, dat eene parabool eene ellips is met eene excentriciteit gelijk aan de eenheid.

Laat ons nu eens terugkeeren tot hetgeen ik u zeide, dat de ellips en de hyperbool zich nagenoeg evenzoo laten construeeren als de parabool.

In fig. 570 zijn alle drie deze kromme lijnen getrokken, eene ellips HKQ, eene parabool HLR en eene hyperbool HMS; bij deze laatste behoort nog de tak XY. Eenvoudigheidshalve zijn in de figuur alleen de helften aangegeven, die boven de as XT liggen.

Deze drie kromme lijnen hebben nu hetzelfde brandpunt F en denzelfden top H. In de figuur is de afstand van deze punten = 9 millimeters.

Nu is in de ellips de uitmiddelpuntigheid of excentriciteit $= \frac{3}{4}$, d. i. daar J het middelpunt der ellips is, $JF = \frac{3}{4}\ JH$. Daar gij nu weet, dat het verschil dezer lijnen = 9 millimeters is, kunt gij gemakkelijk vinden, dat $JF = 27$ en $JH = 36$ millimeters is.

In de hyperbool daarentegen is de uitmiddelpuntigheid $= \frac{5}{4}$; d. i. daar U het middelpunt der hyperbool is $UF = \frac{5}{4} UH$. Alweder vindt gij gemakkelijk, dat UH ook $= 36$ en $UF = 45$ millimeters is.

Nemen wij nu de punten A, C en E zoodanig, dat

$$\frac{HF}{AH} = \frac{3}{4}, \text{ dus } AH = \frac{4}{3} HF = 12 \text{ millimeters}$$
$$HF = HC = 9 \text{ „}$$
$$\frac{HF}{HE} = \frac{5}{4}, \text{ dus } EH = \frac{4}{5} HF = 7{,}2 \text{ „}$$

is, en trekken wij loodrecht op de as XT de lijnen AB, CD en EG, dan is AB de richtlijn voor de ellips, die eene excentriciteit $= \frac{3}{4}$ heeft,

CD voor de parabool,

EG voor de hyperbool, die eene excentriciteit $= \frac{5}{4}$ heeft.

De drie kromme lijnen zijn nu op de volgende wijze geconstrueerd:

1°. De ellips. Loodrecht op de as XT, dus evenwijdig aan de richtlijn, zijn een aantal lijnen getrokken, hebbende van die richtlijn een afstand van 16, 20, 24, 28 . . . . . 84 m.m. Daarna zijn uit het brandpunt F als middelpunt een aantal cirkelboogjes getrokken, hebbende tot stralen $\frac{3}{4}$ van deze grootheden, dus 12, 15, 18, 21 . . . . . 63 m.m. De snijpunten $a\ b\ c\ d\ K$ . . . . . van het eerste boogje met de eerste loodlijn, het tweede boogje met de tweede loodlijn, enz. zijn punten van de ellips.

2°. De parabool. Een tweede stel loodlijnen is getrokken, op een afstand van 12, 15, 18, 21 . . . . . 81 m.m. van de tweede richtlijn CD. Dezelfde boogjes, waarvan zooeven sprake was, snijden deze lijnen in punten, die tot de parabool behooren. Vereenigt men dus al die snijpunten door de kromme lijn HLR, dan is deze de verlangde parabool.

3°. De hyperbool. Een derde stel loodlijnen is getrokken,

op afstanden van de 3e richtlijn EG, gelijk aan 9,6, 12,0, 14,4, 16,8, 19,2, 21,6, 24,0 . . . . . 79,2 m.m. Ook deze loodlijnen worden door dezelfde cirkelboogjes gesneden in punten, welke, door eene kromme lijn vereenigd, de hyperbool HMS geven.

Tot opheldering diene nu nog, dat in de ellips de voerstraal $FK = \frac{3}{4} \times$ de loodlijn KN, in de parabool de voerstraal $FL =$ de loodlijn LO, in de hyperbool de voerstraal $FM = \frac{5}{4} \times$ de loodlijn MP is; hierdoor zal het u nu wel duidelijk zijn, dat deze drie kromme lijnen niets anders zijn dan verscheidenheden van dezelfde kromme lijn.

Ten opzichte der hyperbool kunt gij nog ten overvloede opmerken, dat de tweede tak XY aan dezelfde voorwaarden voldoet als de eerste tak. De afstand XE is blijkbaar $= XH - HE = 72 - 7{,}2 = 64{,}8$ m.m.; de voerstraal $FX = XH + HF = 72 + 9 = 81$ m.m.; en nu is weder $\frac{81}{64{,}8} = \frac{5}{4}$, evenals voor de punten van den eersten tak. Dezelfde verhouding bestaat ook voor FY en YZ, enz.

Maakt men $UV = UF$ dan is UVW de asymptote van de hyperbool.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u hebt mij meermalen gezegd, dat de cirkel ook eene soort van ellips is. Kan men nu op eene dergelijke wijs ook een cirkel verkrijgen?

DE HEER. Dit kunt gij gemakkelijk nagaan. De cirkel is eene ellips, waarvan de brandpunten met het middelpunt samenvallen, waarvan dus de excentriciteit $= 0$ is.

Nu moet de voerstraal dezelfde breuk zijn van de loodlijn, die uit het brandpunt op de richtlijn valt, als de excentriciteit van de eenheid is. De excentriciteit is gelijk nul, dus moet de voerstraal in vergelijking met den afstand tot de richtlijn $= 0$ zijn, dat wil natuurlijk niets anders zeggen, dan dat de richtlijn oneindig ver verwijderd is.

Terwijl nu in de ellips de loodlijnen op de richtlijn verschillen van HA tot QA, zijnde QA in onze figuur 7 maal grooter dan HA, zoo zou, ingeval de richtlijn AB hoe langer

hoe verder verwijderd werd, de verhouding van HA tot QA hoe langer hoe meer tot de eenheid naderen. Voor eene oneindig ver verwijderde richtlijn zijn dus al de afstanden oneindig groot, terwijl de kleinste van de grootste geen grooter verschil oplevert dan de middellijn HQ. De verhouding tusschen die loodlijnen onderling, niet alleen van de punten H en Q, maar van al de punten der kromme lijn, is dus niet van de eenheid onderscheiden dus moet dit ook het geval zijn met de verhouding tusschen de verschillende voerstralen, d. i. zooals u bekend is, *de voerstralen van al de punten van een cirkel zijn even groot.*

Men kan dus loodlijnen oprichten, evenals in fig. 570, zooveel men wil, de cirkelbogen moeten alle uit het punt I als middelpunt met IH als straal beschreven worden, om de snijpunten te verkrijgen, maar de vereeniging van al deze snijpunten is dan natuurlijk de getrokkene cirkel zelf.

---

§ 314.

TERUGKEER TOT DE KOMETEN.

Laat ons nu weer tot de kometen terugkeeren. Zooals gij u herinnert, was het reeds vóór Newton gebleken, dat de kometen niet in rechte lijnen en ook niet in cirkels om de zon liepen.

Newton onderzocht nu of hij den loop, die verschillende kometen aan den hemel genomen hadden, verklaren kon door aan te nemen, dat hare banen ellipsen waren. Hij vond spoedig, dat dit alleen mogelijk was als men die ellipsen zoo langwerpig aannam, dat haar top niet meer te onderscheiden was van dien van eene parabool; met andere woorden bij de proeven, die hij deed, slaagde hij niet, om de groote as van de elliptische loopbaan te bepalen. Hij vond verder eene methode, om uit den loop, dien eene komeet aan den hemel

genomen heeft, de grootte en de ligging van zulk eene *parabolische* loopbaan te vinden.

Nu is de derde wet van Keppler ook op de kometen van toepassing; kent men dus van eene kometenloopbaan de groote as, dan kan men ook haar omloopstijd berekenen. Doordien het nu Newton niet gelukte, de groote assen der kometen-loopbanen, die hij onderzocht, te bepalen, moest hij ook wel verklaren, dat de omloopstijden dier kometen zeer groot, maar niet te bepalen waren.

Maar het is later gebleken, dat het lang niet zeker is, dat de kometen *allen* in ellipsen om de zon loopen. Het was slechts een denkbeeld van Newton, die de kometen nog eenigszins vergeleek met de planeten.

Er zijn sedert Newton omtrent 200 kometen geweest *); slechts een klein gedeelte was voor het blooto oog zichtbaar, meestal werden ze met kijkers gezocht en gevonden, en kon men ze ook alleen door een verrekijker zien. Van al deze kometen kent men nu de loopbanen, en daaronder zijn er verscheidene, die zeker den vorm eener hyperbool hebben. Een aantal andere zijn er, waarvan het gedeelte, waar de komeet gezien is, nabij den top, zoo nabij parabolisch is, dat het niet mogelijk is te zeggen, of de baan, als men haar verder kon nagaan, zou blijken eene ellips of eene parabool of eene hyperbool te zijn. Van dergelijke kometen zegt men gewoonlijk, dat hare loopbaan eene parabool is. Weder een ander getal heeft duidelijk elliptische loopbanen, en van deze heeft men dus ook met meer of mindere nauwkeurigheid den omloopstijd kunnen berekenen.

---

*) Dit werd geschreven in December 1881.

§ 315.

KOMETEN MET LANGEN OMLOOPSTIJD.

Toch is die omloopstijd altijd eenigszins onzeker, en hoe langer hij is, hoe onzekerder, en de onzekerheid groeit in veel sterkere mate aan dan de omloopstijd zelf.

Er is één geval, waarin de omloopstijd met veel nauwkeurigheid bepaald kan worden, en dit geval heeft zich reeds dikwijls voorgedaan; het is namelijk wanneer eene komeet meer dan één omloop volbracht heeft, en dus twee of meermalen is teruggekomen.

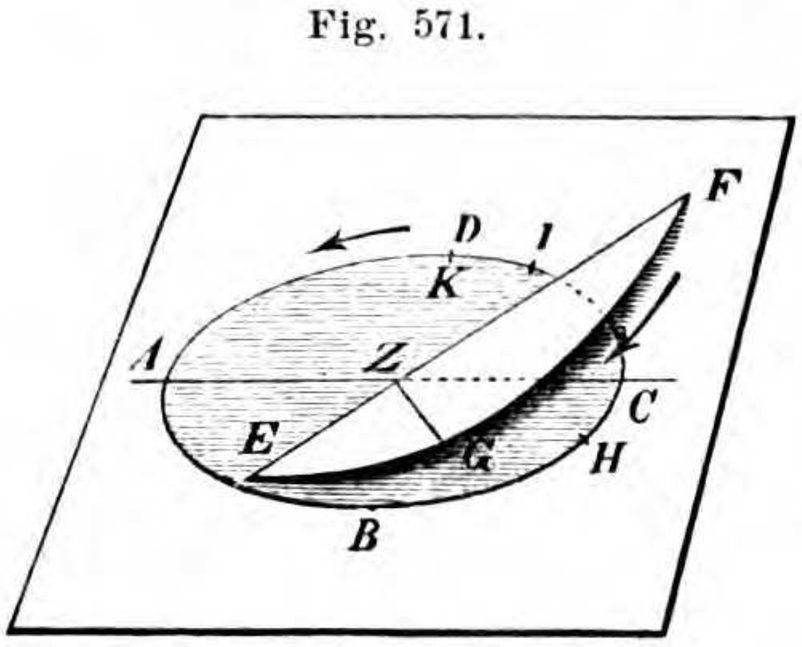
Met dit terugkomen moet bij de kometen iets anders verstaan worden dan bij de planeten. De groote planeten bijv. zijn langs hare geheele loopbaan voor ons zichtbaar, alleen als zij in eene richting gezien worden, die niet veel afwijkt van die, waarin wij de zon zien, d. i. als zoo eene planeet dicht bij hare conjunctie is, dan verliezen wij haar uit het oog; komt zij dan weer des morgens vroeg uit de zonnestralen te voorschijn, dan kan men dat als eene terugkomst beschouwen. Bij de kometen is dat terugkomen iets anders. Geene enkele komeet is over hare geheele loopbaan zichtbaar. Alleen wanneer zij dicht bij de zon komen, dat wil in de meeste gevallen zeggen, nader bij dan de planeet Mars, dan worden zij zichtbaar, en verwijderen zij zich weer van de zon, dan worden zij ook weer onzichtbaar. Hierdoor wordt wel bewezen, dat haar licht geheel aan de zon ontleend wordt, evenals dat der planeten, of dat het lichtgevend vermogen der kometen pas ontwikkeld of veroorzaakt wordt door de nabijheid tot de zon. Het is zelfs waarschijnlijk dat dit beide het geval is.

Als nu eene komeet zichtbaar geworden of zooals men zegt *verschenen* en later weer onzichtbaar geworden is, dan noemt men die geheele tijdruimte eene *verschijning* van die komeet. De sterrekundigen kunnen nu uit den loop, dien eene komeet gedurende zulk eene verschijning aan den hemel genomen heeft, afleiden, welke gedaante en welke ligging het stuk der loop-

baan heeft, dat de komeet heeft afgelegd. Zooals ik u zeide, heeft Newton voor het eerst eene methode gevonden, om die berekening te maken, in de veronderstelling, dat de loopbaan eene parabool is. Halley, een tijdgenoot van Newton, paste de methode van Newton op een aantal kometen toe, die tot zijn tijd toe gezien waren; hij vond voor al die kometen, welke de werkelijke weg geweest was, dien zij hadden doorloopen. Nu bleek het hem, dat er in het jaar 1531, in het jaar 1607 en in het jaar 1682 kometen verschenen waren, die juist dezelfde baan hadden doorloopen. Halley besloot daarom, dat deze drie verschijningen van dezelfde komeet geweest waren met een omloopstijd van 75 of 76 jaar, en zijne voorspelling is bewaarheid geworden, want in 1759 en in 1835 is dezelfde komeet teruggekomen.

Fig. 571 en 572 zullen u van de loopbaan dezer komeet een denkbeeld geven. In fig. 571 stelt Z de zon, $A\,B\,C\,D$ de loopbaan der aarde voor. A is het punt, waar de aarde zich den 20^{en} Maart bevindt. Zij is in B den 21^{en} Juni, in C den 23^{en} September en in D den 22^{en} December.

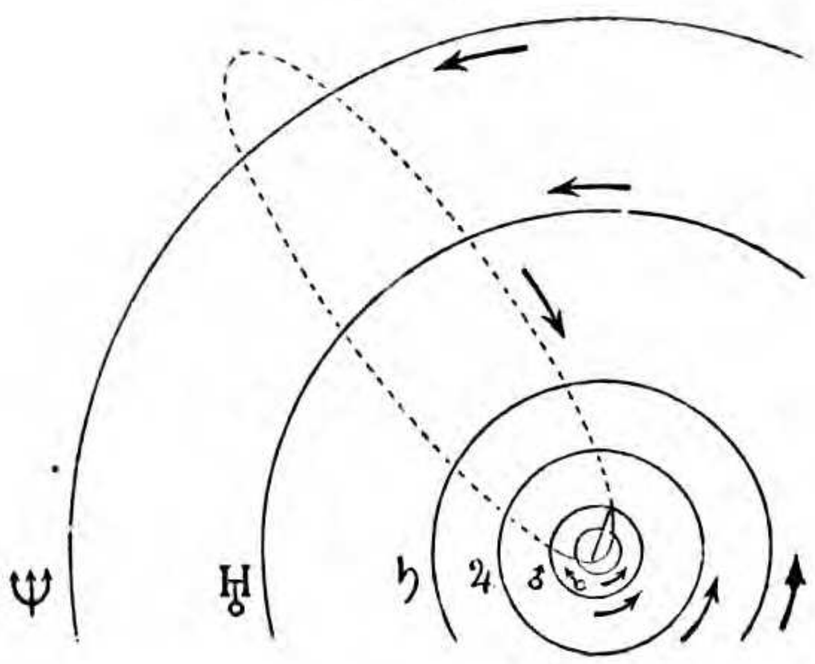
Fig. 571.



De komeet kwam den 19^{en} Augustus 1835 door het punt F, den klimmenden knoop, terwijl de aarde zich in H bevond. Den 16^{en} November ging zij door haar perihelium G, terwijl de aarde in I was, en eene maand later door den dalenden knoop E, terwijl de aarde in K was. Zij werd zichtbaar den 6^{en} Augustus 1835 en is het laatst waargenomen den 19^{en} April 1836. Zij loopt nu eene ellips door, waarvan de groote as 18 maal langer is dan de middellijn $A\,C$ van de loopbaan der aarde. In fig. 572 ziet gij op kleinere schaal de ligging der loopbaan ten opzichte van die der groote planeten. De ellips in die figuur stelt de baan der komeet voor, de cirkels de loopbanen van de aarde, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus, zooals gij ook door

de teekens aangeduid ziet. Dat gedeelte van de loopbaan der komeet, dat bezuiden het vlak der ekliptika ligt, is gestippeld. Gij ziet, dat die loopbaan zich een weinig verder uitstrekt dan die van Neptunus. De komeet van Halley zal nu omstreeks het jaar 1912 moeten terugkomen; bij elke verschijning is zij met het bloote oog te zien geweest, er is dus alle waarschijnlijkheid, dat zij bij hare volgende verschijning ook zichtbaar zal zijn. Uit de figuur ziet gij, dat de richting van de beweging der komeet *tegengesteld* is aan die van de beweging der aarde.

Fig. 572.

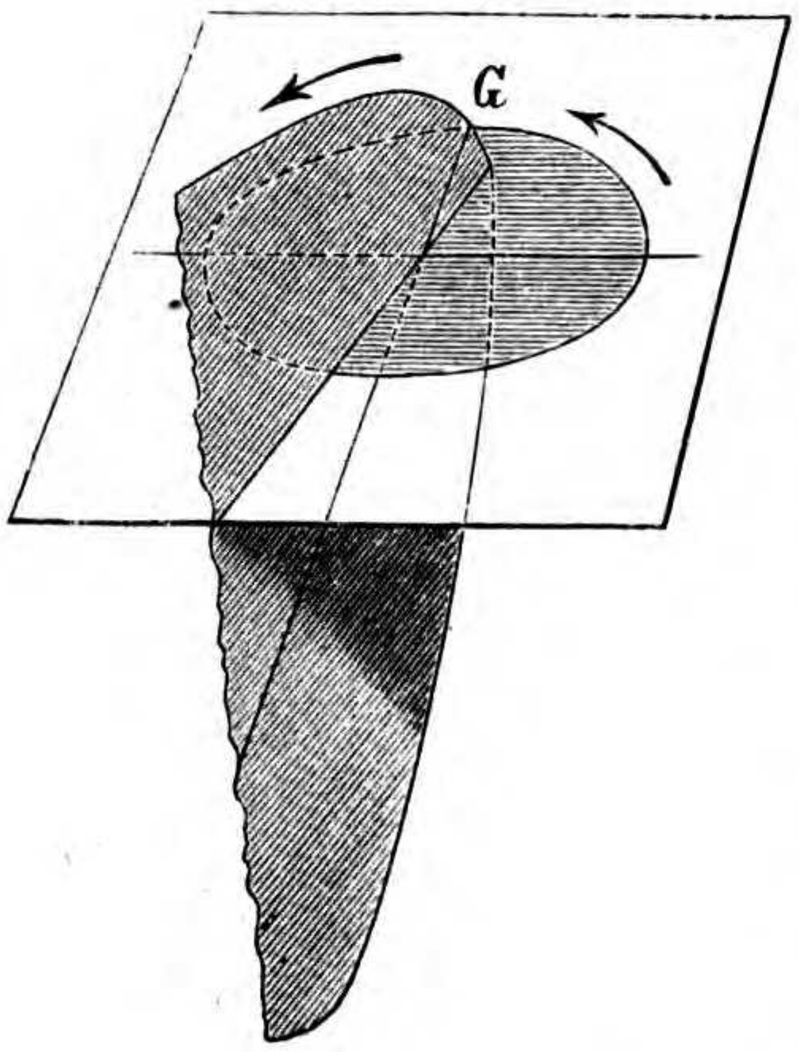


Is nu eene dergelijke komeet slechts ééns verschenen, dan is het soms voor de sterrekundigen wel mogelijk te erkennen, dat de loopbaan niet eene parabool maar eene ellips is, doch het is dan niet mogelijk, den omloopstijd met dezelfde zekerheid aan te geven als met de komeet van Halley het geval was.

In dat geval is bijvoorbeeld eene komeet, die in het jaar 1846 is waargenomen. Zij werd ontdekt door De Vico te Rome, en berekend door den heer Van Deinse te Leiden. Uit die berekening bleek, dat de komeet stellig niet in eene parabool had geloopen, maar in eene ellips; dat zij den 6^{en} Maart 1846 door haar perihelium gegaan was, en dat haar omloopstijd ongeveer 73¼ jaar bedragen moet. Die komeet kan dus in het jaar 1919 terug verwacht worden; dan zal zij in Juni weer door haar perihelium kunnen gaan, maar hierin is altijd eene onzekerheid van eenige weken. Deze komeet had eene beweging in dezelfde richting als de aarde. Fig. 573 kan u een denkbeeld van haar loopbaan geven, althans van het nabij den top gelegen gedeelte, waarin zij zich in 1846 bewoog. Gij ziet, dat deze loopbaan nagenoeg loodrecht op het vlak der ekliptika helde. De komeet ging den 1^{en} Maart door haren

klimmenden knoop, die zich tusschen de loopbanen van Venus en de aarde bevindt, en 5 dagen later door haar perihelium. Reeds den 20en Februari werd zij te Rome ontdekt, en is slechts tot den 19en Mei, dus gedurende ongeveer 3 maanden gezien. In dien tijd heeft zij een zoo klein stuk van hare loopbaan afgelegd, dat het niet te verwonderen is, dat de geheele omloopstijd nog onzeker is.

Fig. 573.



Een ander voorbeeld is de komeet, door Olbers in 1815 ontdekt, en die ook gewoonlijk „de komeet van Olbers" genoemd wordt. Toen in 1815 bleek reeds, dat die komeet eene ellipsvormige loopbaan heeft. Bessel, een beroemd sterrekundige, die in 1846 overleden is, heeft reeds in 1817 haren omloopstijd berekend; en in 1879 heeft de Hollandsche Maatschappij van Wetenschappen te Haarlem eene medaille uitgeloofd aan hem, die deze berekening, zoo goed als mogelijk is, wilde overdoen.

Dit is gedaan door een jong Oostenrijksch sterrekundige, Ginzel; zijne uitkomst kwam zeer nabij met die van Bessel overeen, en ingevolge die uitkomst moet die komeet eenen omloopstijd hebben van omtrent 72 jaren, en moet zij dus om of bij het jaar 1887 terugverwacht worden.

Fig. 574.

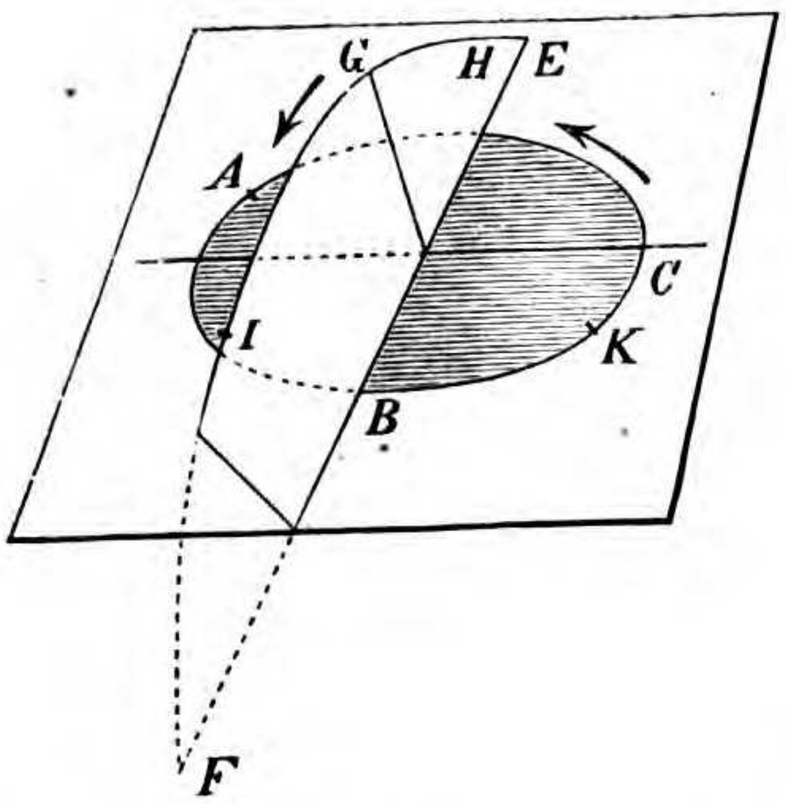


Fig. 574 stelt een gedeelte der loopbaan voor. $B\,C$ is weder een gedeelte der loopbaan der aarde, in B bevindt de aarde zich den 21en Juni, in C den 23en September. De klimmende knoop is in E, dien doorliep de komeet

den 3en Februari 1815, maar zij werd pas den 6en Maart in H zichtbaar, toen de aarde zich in A bevond. Den 25en April was zij in haar perihelium G. Zij bleef zichtbaar tot den 25en Augustus, toen zij in I en de aarde in K stond. De aarde bewoog zich toen naar C, en de komeet naar F, zoodat de afstand van beiden hoe langer hoe grooter werd, en de zichtbaarheid dus natuurlijk sterk afnam.

Deze beide kometen zijn niet zeer helder, voor het bloote oog zijn zij geen van beiden zichtbaar geweest.

Er zijn nog verscheidene van die voorbeelden aan te halen; er zijn kometen die een omloopstijd moeten hebben van 250 jaren zooals de 4de komeet van het jaar 1857, 420 jaar zooals de prachtige komeet van 1861, 2000 jaar, zooals de overschoone komeet van Donati van het jaar 1858, enz.

---

§ 316.

KOMETEN MET KORTEN OMLOOPSTIJD.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hebben nu alle kometen zulke lange omloopstijden?

DE HEER. Neen, dat niet. Er zijn een elftal kometen bekend *), wier omloopstijd zelfs zeer gering, althans beneden de 14 jaar is. Die kometen zijn omdat zij zoo dikwijls terugkomen voor de sterrekundigen zeer belangrijk.

Deze kunnen dan telkens onderzoeken of zulk eene komeet wel juist op denzelfden tijd terugkomt, en op hetzelfde oogenblik door haar perihelium gaat, als zij dit vooruit berekend hebben.

Zie hier eene lijst van eenige kometen, wier omloopstijd zeer gering is, en waarvan de meeste dan ook meermalen zijn waargenomen. Zij zijn naar haren omloopstijd gerangschikt.

---

*) Zie de noot op blz. 188.

NAAM.	ONTDEKKER.	Jaar der ontdekking.	Omloops-tijd in jaren.
Komeet van Pons, ook genaamd komeet van Encke.	Méchain en Pons.	1786 en 1818	3,3
2e komeet van Tempel . .	Tempel.	1873	5,2
" " De Vico . .	De Vico.	1844	5,5
" " Brorsen . .	Brorsen.	1846	5,5
3e " " Tempel . .	Tempel.	1869	5,5
" " Winnecke .	Pons.	1819	5,6
1e " " Tempel . .	Tempel.	1867	5,7
" " d'Arrest . .	d'Arrest.	1851	6,6
" " Biela	Montaigne.	1772	6,6
" " Faye	Faye.	1843	7,4
" " Denning . .	Denning.	1881	8,4
" " Tuttle . . .	Tuttle.	1871	13,8

Deze kometen zijn niet allen meer dan eens verschenen. De 1e komeet van Tempel en die van De Vico zijn slechts eens teruggezien, maar die kometen blijven altijd buiten de loopbaan der aarde, en daardoor zijn zij alleen in gunstige omstandigheden te zien, als de aarde namelijk, op het oogenblik dat de komeet door haar perihelium gaat, nagenoeg tusschen de zon en dat perihelium staat. Die van Tuttle en van Denning hebben sedert hare ontdekking nog geen geheelen omloop volbracht.

Gij zult wellicht vragen, waarom soms de naam der komeet gekozen wordt naar den ontdekker, soms niet. De reden hiervan is de volgende. De eerste der bovengenoemde kometen is reeds in 1786 door den Franschen sterrekundige Méchain ontdekt, maar toen is zij slechts twee dagen gezien, en de sterrekundigen zijn daardoor nog niet in staat geweest haren omloopstijd te vinden. In 1818 werd zij opnieuw ontdekt door Pons, toen assistent op de sterrewacht te Marseille. Maar

de Berlijnsche hoogleeraar Encke heeft bewezen, dat beide kometen eene en dezelfde waren, en dat deze komeet van 1786 tot 1818 tien omloopen om de zon volbracht had. Verder heeft Encke zijn geheel leven door die komeet aanhoudend met zijne berekeningen gevolgd, en daarbij de aantrekkingen der planeten op de komeet ook in rekening gebracht; dit maakte het werk zeer omvattend. Daarom heeft men naar hem deze komeet „de komeet van Encke" genoemd, hoewel hij haar niet ontdekt had. Encke zelf noemde haar altijd „de komeet van Pons," en verscheidene Fransche schrijvers deden insgelijks.

Een ander geval heeft met de kometen van Winnecke en Biela plaats gehad. Deze sterrekundigen waren niet de eerste ontdekkers, maar zij hadden die kometen toch wel op zich zelf ontdekt en toen door den loop, dien die kometen aan het hemelgewelf hadden, bleek, dat zij niet in eene parabool, maar in eene ellips om de zon liepen, toen heeft men gezocht of zij ook vroeger gezien waren, en toen is het gebleken, dat de komeet van Winnecke reeds door Pons in 1819 en dat de komeet van Biela door Montaigne in 1772 gezien waren.

---

§ 317.

OVER DE LIGGING DER LOOPBANEN VAN DE KOMETEN MET KORTEN OMLOOPSTIJD. ZIJ HEBBEN ALLE KLEINE HELLINGEN EN DE BEWEGING IS RECHTLOOPEND.

ABDULLAH. Maar mijnheer, die kometen, die u daar opgenoemd hebt, hebben nu toch zeker niet zulke lange loopbanen als die van Halley, van Olbers en De Vico?

DE HEER. Neen, natuurlijk niet. Maar die loopbanen zijn toch altijd veel langwerpiger dan de planetenloopbanen, en daarom is er een groot verschil in hunnen afstand van de zon bij hun *perihelium* en hunnen afstand tot de zon in het tegen-

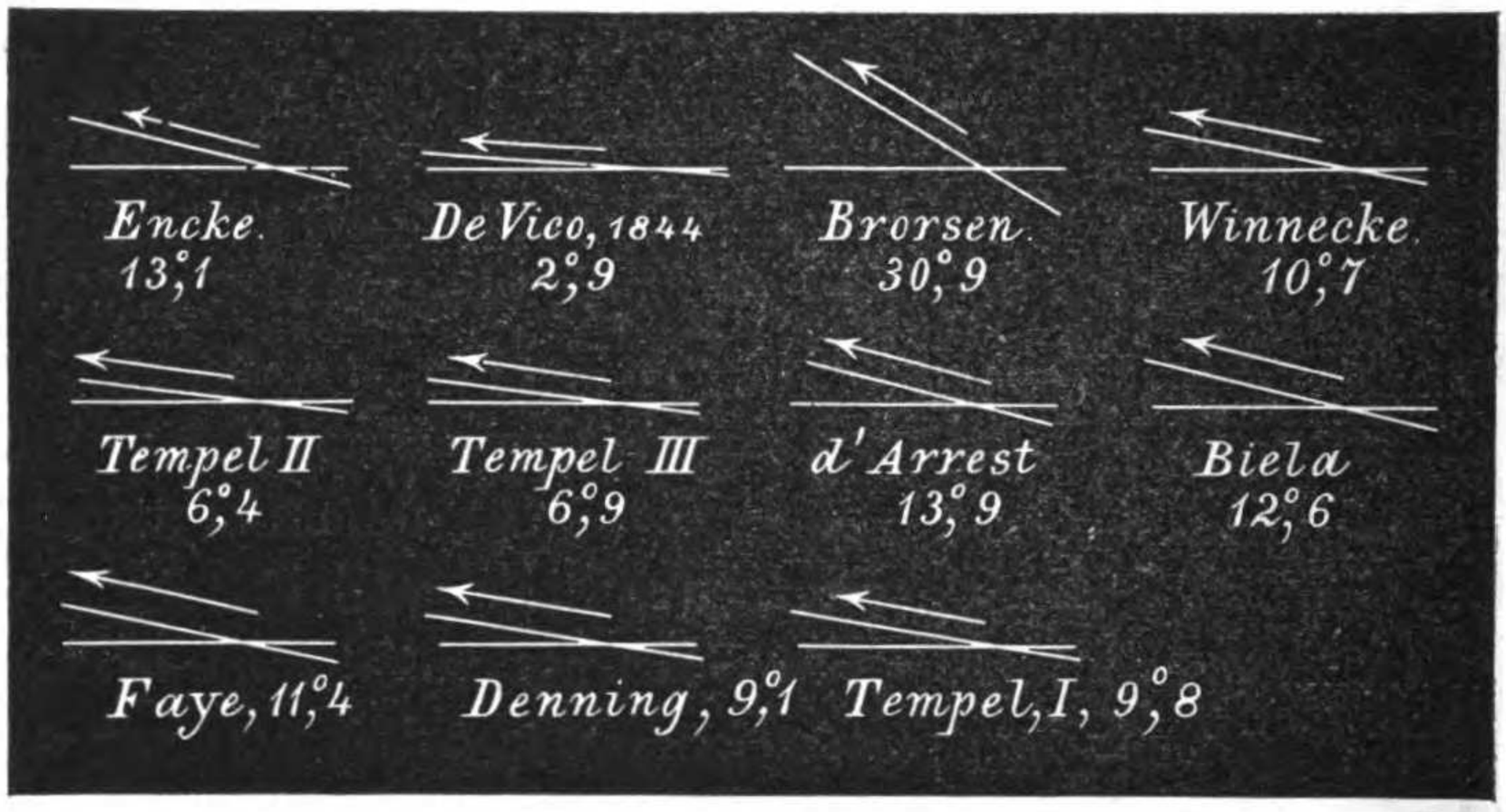
overgestelde punt, nl. dat, waarin zij het verst van de zon staan, en dat men het *aphelium* noemt.

In de aan dit stukje toegevoegde plaat ziet gij eene afbeelding van een aantal van die loopbanen; maar gij moet u wel herinneren, dat die loopbanen in geenen deele samenvallen met het vlak der ekliptika. Het papier nu stelt het vlak der ekliptika voor, en de loopbaan der aarde ligt in die vlakte. De loopbanen der andere planeten Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus liggen in vlakken, die slechts kleine hoeken met het vlak der ekliptika maken, en wij kunnen dus zonder hinder die loopbanen afteekenen, alsof die loopbanen in het vlak der ekliptika lagen. Dit is nu in de figuur ook met de loopbanen der kometen gedaan, maar het spreekt van zelf, dat men nu wel in acht moet nemen, hoe die loopbanen van kometen gelegen zijn ten opzichte van het vlak der ekliptika. Elke loopbaan snijdt het vlak in twee punten, den klimmenden knoop en den dalenden knoop; deze punten zijn bij elke loopbaan door de teekens ☊ en ☋ aangegeven. Trekt men nu in zijne gedachte eene lijn van den klimmenden tot den dalenden knoop, dan gaat die lijn altijd door de zon; men noemt die lijn de *knoopenlijn*; en nu moet gij in uwe gedachte elke der loopbanen om die knoopenlijn laten omdraaien, totdat de loopbaan ten opzichte van het papier de helling heeft, die de loopbaan in de natuur ten opzichte van de ekliptika heeft. Stel u eens voor, dat gij u in de zon bevindt, en naar den klimmenden knoop van elke komeet ziet, dan zult gij de banen der genoemde kometen in de hellingen met betrekking tot de ekliptika aanschouwen, die in fig. 575 zijn aangenomen.

Twee zaken kunt gij hier opmerken: 1° dat de hellingen van deze kometen geen van alle aanmerkelijk groot zijn; en 2° dat die kometen alle *rechtloopende* zijn, dat wil zeggen, dat zij zich alle in dezelfde richting bewegen als de planeten, nl. uit de zon gezien van de rechter- naar de linkerhand, als men ten minste de noordpool der ekliptika boven het hoofd heeft.

ABDULLAH. Maar is dat bij de andere kometen dan anders?

Fig. 575.



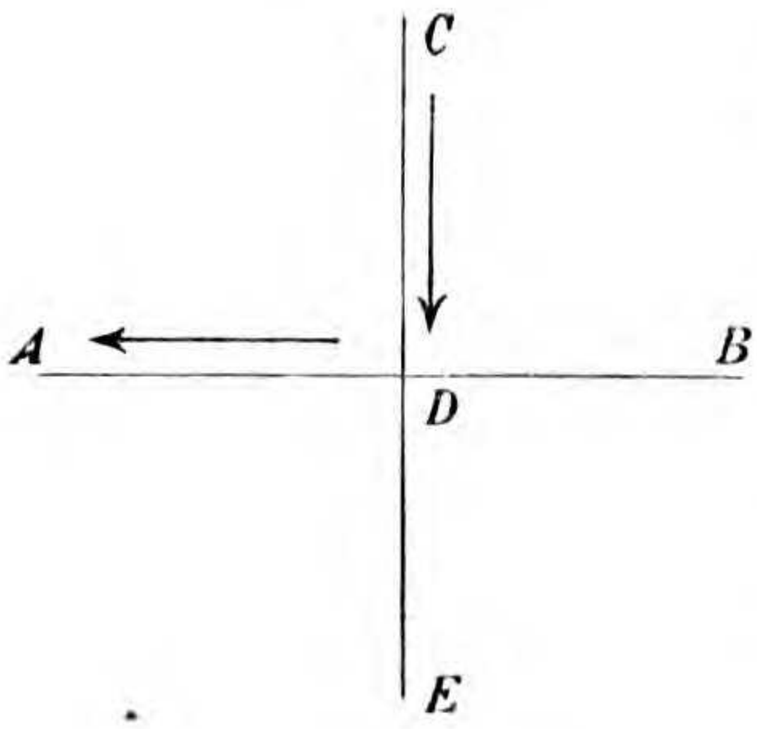
DE HEER. Ja zeker; om u een voorbeeld te geven van eene komeet met groote helling behoef ik u maar te herinneren aan de door den heer Van Deinse berekende komeet van De Vico (zie fig. 573), waarvan de helling 85 graden bedraagt. En om u een voorbeeld op te noemen van eene komeet, die eene beweging heeft tegengesteld aan die der planeten, behoef ik u maar nog eens op fig. 571 te wijzen, waar gij duidelijk ziet, dat de komeet van Halley eene *teruggaande* beweging heeft, zoo noemt men eene beweging, die tegengesteld is aan die der planeten.

En dat eene komeet eene teruggaande beweging heeft is zoo zeldzaam niet. Van het jaar 1871 tot en met het jaar 1881, dus in een tijdvak van 11 jaren zijn er 33 kometen ontdekt, en van die 33 waren er 18 met teruggaande en 15 met rechtloopende beweging. Als het 17 en 16 was, dan zou het half en half zijn.

En dan komt er nog bij, dat er een aantal kometen zijn, waarvan de loopbanen zulke groote hellingen hebben. Er zijn er verscheidene, wier loopbanen nagenoeg loodrecht op de vlakte der ekliptika staan. En is dat volkomen het geval, dan is de komeet eigenlijk noch rechtloopende, noch teruggaande.

Bijv. in fig. 576, stelle $A\,B$ de ekliptika voor, gezien uit de zon, het pijltje bij A stelt de richting der beweging van de aarde en de andere planeten voor. Als nu eene komeet zich van C naar E beweegt, dan kan men noch zeggen dat die beweging rechtloopende, noch dat zij teruggaande is. En nu zijn er verscheidene kometen die loopbanen hebben, die nagenoeg loodrecht op het vlak der ekliptika staan. Sommige hellen dan een weinig naar de eene zijde over, dan behooren zij nog tot de rechtloopende; andere hellen naar de andere zijde over en dan behooren zij tot de teruggaande.

Fig. 576.



---

§ 318.

VERKLARING HIERVAN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, het is dan toch zonderling, dat die kometen met korten omloopstijd geen van alle zoo loopen; alle zijn rechtloopende en alle hebben kleine hellingen.

DE HEER. Juist zoo. dat hebben de sterrekundigen ook opgemerkt, en het is hun ook zeer goed gelukt, daarvoor eene verklaring te geven. Luister eens goed.

Gij weet, dat al de planeten in dezelfde richting om de zon loopen, en nagenoeg in dezelfde vlakte; bijna al de wachters draaien om hunne planeten in dezelfde richting en ook nagenoeg in dezelfde vlakte. De zon en de planeten draaien om assen, die allen omtrent loodrecht staan op diezelfde vlakte. Uit dat alles blijkt wel, dat hier geen toeval heerscht, maar dat er ééne oorzaak moet bestaan hebben, die aan het geheele zonnestelsel zijne tegenwoordige inrichting gegeven heeft.

Hierover hebben vele geleerden nagedacht. De meeste sterre-

kundigen hebben het het waarschijnlijkst geacht, dat het geheele zonnestelsel in vroeger tijd, d. i. misschien billioenen jaren geleden, eene platte nevelvlek was, die eene omwentelende beweging had, en dat er een aantal stofdeeltjes door de aantrekking van de anderen naar het midden getrokken zijn, zich daar vereenigd en zoo de zon gevormd hebben. Door den schok, dien het vallen van elk deeltje gaf, werd de warmte ontwikkeld, die wij weten, dat de zon bezit.

Andere stofdeelen zouden zich dan om grootere vereenigd hebben tot bollen, die hunne wentelende beweging van vroeger volgden en aldus de planeten vormden. Ook daar is warmte ontstaan door het samenvallen van zooveel stofdeeltjes of lichaampjes, die dan bij dat vallen hunne beweging verloren, en er warm voor in de plaats werden.

Op die wijze worden ten minste eenige der meest in het oog loopende bijzonderheden van het zonnestelsel verklaard, nl. dat de planeten zich allen in dezelfde richting bewegen en dat de zon, de aarde en vermoedelijk de andere planeten ook wel inwendig warm zijn, dat hunne loopbanen nagenoeg cirkelvormig zijn en allen nagenoeg in hetzelfde vlak liggen.

Maar nu de kometen? Nagenoeg alle bijzonderheden, die de loopbanen der kometen ons aanbieden, worden verklaard als men maar aanneemt, dat de kometen eigenlijk niet oorspronkelijk tot ons zonnestelsel behooren. Het zijn om zoo te spreken vreemde gasten, die ons een bezoek brengen.

Het zijn kleine hemellichamen, wellicht geheel uit dezelfde stof bestaande, waaruit de nevelvlekken bestaan, die uit de verte in ons zonnestelsel komen. Wij moeten daaruit opmaken, dat er waarschijnlijk door de geheele onmetelijke ruimte zulke losse hoeveelheden nevelstof zich bewegen, evenals er ook steenen zijn, die, zooals men het noemt, uit den hemel vallen; deze komen ook uit de ruimte buiten de aarde.

Wat gebeurt er nu als zoo een nevelachtig lichaam in het zonnestelsel of laat ik liever zeggen in de nabijheid onzer zon komt? Het antwoord is: dan moet dat lichaam om onze zon

heen loopen en ons zonnestelsel weer verlaten, om nooit weerom te komen. De baan, die zulk een lichaam beschrijven moet, is in het algemeen eene *hyperbool*, omdat in overoude tijden de beweging van dat lichaam zonder twijfel rechtlijnig geweest is, en in dat geval zal, nadat de komeet de zon omgeloopen heeft, haar loop na ettelijke eeuwen weer nagenoeg rechtlijnig zijn, namelijk als zij reeds zeer dicht nabij hare asymptote gekomen zal zijn. Zóó zal die komeet zich voortbewegen, totdat zij weder eens in de nabijheid eener ster komt, die haar dan ook, evenals onze zon gedaan heeft, van hare rechtlijnige beweging aftrekt en haar dwingt eene nieuwe hyperbolische loopbaan te beschrijven. Zulk eene komeet bezoekt dus de eene ster voor, de andere na, maar het kan zeer goed zijn, dat er 100 000 of millioen jaren verloopen tusschen het eene bezoek en het andere.

Zulk eene hyperbool nu kan sterk hyperbolisch of niet sterk hyperbolisch zijn. Zij is sterk hyperbolisch als hare excentriciteit veel grooter is dan de eenheid; bijv. zooals in de fig. 570, waar de hyperbool HMS eene excentriciteit $= \frac{5}{4}$ of 1,25 had. In zulk eene hyperbool maken de asymptoten groote hoeken met de groote as. Bijv. in die figuur is de hoek VUH bijna 47 graden.

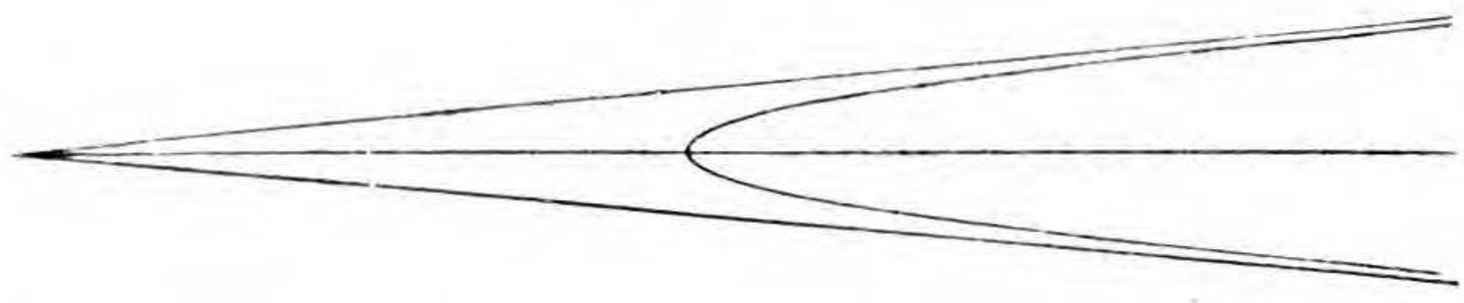
Zwak hyperbolisch kan men zulke loopbanen noemen, die tot ver van den top nagenoeg met de parabool samenvallen, en die dus ook eene excentriciteit hebben, die slechts weinig meer is dan de eenheid.

De hyperbool in fig. 564 valt dus in deze beschrijving. Nu is het wel bij enkele kometen zeker geweest, dat hare loopbanen hyperbolen waren, maar dan was die loopbaan toch altijd zwak hyperbolisch. Zoo werd voor eene komeet, die in Maart en April 1845 zichtbaar was, eene excentriciteit gevonden $= 1{,}004$, de hoek, dien de asymptoten met de as maakten, was iets meer dan 5 graden; fig. 577 stelt deze loopbaan voor.

De meeste kometen echter beschrijven loopbanen, die zoo weinig van parabolen afwijken, dat wij de afwijking niet kun-

nen bespeuren. Weet men niet anders dan dit, dan zegt men

Fig. 577.



gewoonlijk, de loopbaan is eene parabool, maar men zou even goed kunnen zeggen: als de loopbaan van de parabool afwijkt, dan kan zij even goed eene hyperbool als eene ellips zijn. En dit is ook zoo, maar in werkelijkheid kunnen wij gerust aannemen, dat als eene komeet voor het eerst ons zonnestelsel bezoekt, hare baan hyperbolisch is, dus evenals fig. 577.

ABDULLAH. Maar mijnheer, hoe dan die komeet van Halley, van Olbers, van De Vico, en de andere die u mij hebt opgenoemd?

DE HEER. Luister eens. Ik heb u al meermalen er opmerkzaam op gemaakt, dat niet alleen de zon aantrekkingskracht bezit, maar al de planeten evenzoo.

Als nu eene komeet ons zonnestelsel komt bezoeken, en dan eene zwak hyperbolische of eene parabolische baan heeft, en zij komt dicht langs eene der planeten, vooral indien zij dicht bij eene der groote planeten Jupiter, Saturnus, Uranus of Neptunus komt, dan kan zulk eene planeet door hare aantrekking zeer goed die loopbaan eene andere kromming geven, waardoor het eene elliptische baan wordt, en in dat geval blijft de komeet voortdurend om onze zon hare elliptische loopbaan beschrijven.

Is de kromming die aan de loopbaan gegeven wordt, zeer sterk, dan kan de omloopstijd ook zeer klein worden, en in dat geval verkeeren de kometen van Encke, Biela, enz., die ik u opgenoemd heb, § 316.

In welk geval zal nu de aantrekking van eene planeet veel invloed kunnen hebben, en in welk geval weinig? Of liever, hoe moet de komeet zich bewegen, om veel invloed van de

aantrekking van eene planeet te ondervinden? Moet zij eene beweging hebben, in richting tegengesteld aan die der planeet, of moet zij in dezelfde richting loopen? Of misschien loodrecht op die richting? Laat ons eens onderstellen, dat er drie kometen ons zonnestelsel bezoeken, en dat alle drie op een even grooten maar toch een korten afstand Jupiter voorbijgaan. De eerste loopt in dezelfde richting als Jupiter, de tweede loopt in tegenovergestelde richting, de derde loopt in eene richting loodrecht op die van de beweging van Jupiter. Welke der drie kometen zal nu het meeste door de aantrekking van Jupiter aangedaan worden?

ABDULLAH. Wel mijnheer, natuurlijk de eerste, die in dezelfde richting als Jupiter loopt, want die blijft er langer bij.

DE HEER. Juist zoo; derhalve moet de beweging van die komeet *rechtloopende* zijn, en als de aantrekking van Jupiter moet uitwerken, dat die baan meer gekromd wordt dan vroeger, moet Jupiter natuurlijk aan den *binnenkant* der loopbaan zijn, dus tusschen de komeet en de zon. Derhalve is de komeet iets verder dan Jupiter van de zon geweest, en als nu de beweging der komeet in de richting van die van Jupiter geweest is, en als de baan dan door de aantrekking van Jupiter sterker gekromd wordt, zoodat de loopbaan eene kortere ellips wordt, dan moet het punt, waar de komeet geweest is, het verste punt of aphelium A van hare loopbaan worden. De helling der loopbaan moet zeker gering zijn, en de beweging moet rechtloopende zijn.

Als gij nu de plaat, die ik u gegeven heb, beziet, dan zult gij zien, dat dit alles het geval is met de kometen van Faye, van Biela, van Brorsen, van D'Arrest, van Winnecke, van De Vico en met de 3e van Tempel.

Evenzoo reikt de loopbaan van de komeet van Tuttle even voorbij de loopbaan van Saturnus.

Het is dus waarschijnlijk, dat die kometen vaste bewoonsters van ons zonnestelsel zijn geworden door de aantrekking van Jupiter en van Saturnus.

Het is trouwens evenzoo mogelijk, dat de kometen met korter omloopstijd hare elliptische banen, zooals die tegenwoordig zijn, gekregen hebben door de aantrekking van de kleinere planeten Mercurius, Venus, de Aarde of Mars. Inderdaad zijn er verscheidene, die met hare loopbanen zeer dicht langs de loopbaan van één dezer kleinere planeten komen. Zoo komt de loopbaan van de komeet van Encke zeer dicht langs de loopbaan van Mercurius, de komeet van Biela loopt, of liever liep, zeer dicht langs de loopbaan der Aarde, enz.

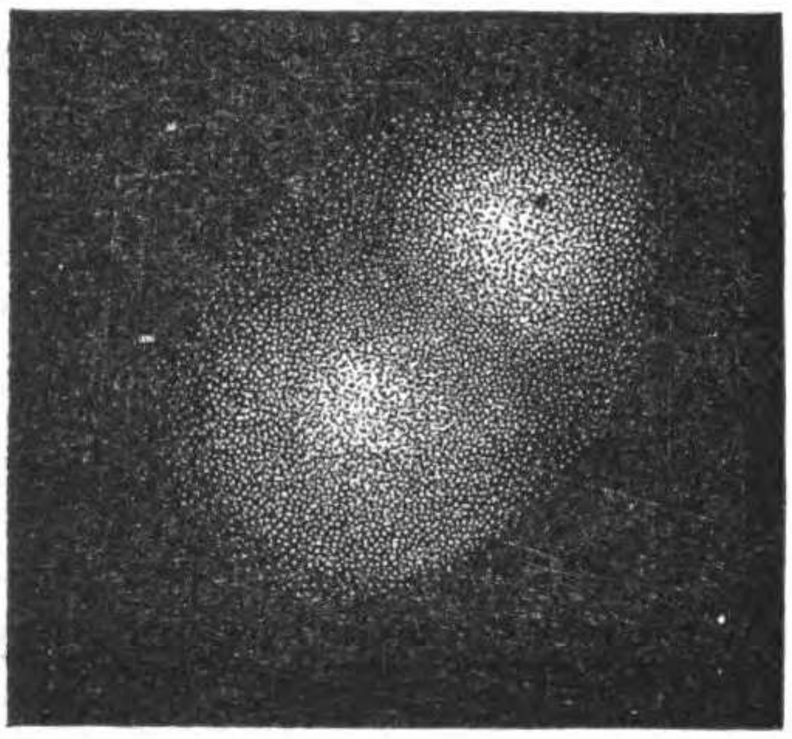
---

§ 319.

GESCHIEDENIS VAN DE KOMEET VAN BIELA.

Ik zeg: „of liever liep," want die komeet van Biela schijnt niet meer te bestaan, althans niet zoo, dat zij door kijkers gezien kan worden. Zij had verscheidene verschijningen gehad, waarin de sterrekundigen haar ijverig hadden waargenomen; op het eind van 1845 kwam zij weer nabij haar naaste punt bij de zon en werd dus zichtbaar. Zij vertoonde toen niets bijzonders; maar in Januari 1846 werden de sterrekundigen door een zonderling verschijnsel getroffen. De komeet verdeelde zich in twee kleine komeetjes, die ongelijk van grootte waren, fig. 578. In Februari werd de kleinste grooter en helderder, totdat zij even helder als de andere was; daarna nam zij weer af, en werd eene maand vóór de andere onzichtbaar. De sterrekundigen hebben berekend, dat de afstand der beide deelen ten laatste omtrent 40 000 geographische mijlen, dus bijna zoo groot was als de afstand van de maan tot de aarde.

Fig. 578.



In 1852 kwam de komeet van Biela weerom, en de sterrekundigen waren er natuurlijk zeer nieuwsgierig naar hoe zij er zou uitzien. Werkelijk was zij weder dubbel, maar nu was de afstand der beide gedeelten aangegroeid tot 6 maal den afstand tusschen de aarde en de maan. Het waren nu eigenlijk twee kometen. Dan eens was de eene komeet de helderste, dan weder de andere; het was dus moeielijk te beslissen, welke van de twee de eigenlijke hoofdkomeet was.

Die verschijning in het jaar 1852 duurde nog geen twee maanden; in Augustus werden de beide kometen gezien, op het eind van September werden ze weder onzichtbaar. Na dien tijd zou de komeet nu (in 1882) reeds 4 omloopen volbracht moeten hebben, en in Mei 1859, December 1865, Augustus 1872 en Maart 1879 door haar naaste punt moeten gegaan zijn, maar zij is niet wéder gezien, en het is dus waarschijnlijk, dat hare deeltjes geheel en al zijn verstrooid geraakt.

---

§ 320.

OVER DE NATUURLIJKE GESTELDHEID DER KOMETEN. HARE GERINGE MASSA.

Dit brengt mij er toe, om nu ook met u te spreken over de natuurlijke gesteldheid der kometen. Wanneer wij aan een der hemellichamen met een kijker bijzonderheden zien, dan is de natuurlijke vraag die bij ons oprijst: kunnen wij die bijzonderheden ook verklaren? Wij hebben, om dat te beproeven, geene andere ervaring, dan die wij hier op onze aarde kunnen opdoen, en de vraag is dus telkens: is er op de aarde iets, dat met hetgeen wij gezien hebben, overeenkomt, zoodat wij hoop hebben de gewenschte verklaring te vinden?

Ik heb u onlangs (§ 307) medegedeeld, hoe de kometen er uitzien, en hoe zij zich dikwijls ontwikkelen uit een klein nevelachtig vlekje, en daaruit soms een lange staart te voorschijn komt.

Gij kunt wel nagaan, dat sedert lang verschillende geleerden er over hebben nagedacht, uit welke stof of stoffen die kometen bestaan; wat de reden is, dat zij er nevelachtig uitzien; of de deeltjes, waaruit zij bestaan, vast, vloeibaar of gasvormig zijn; waarom bij alle kometen de geheele omvang der nevelmassa zooveel grooter wordt bij het naderen van de zon, en hoe toch wel die staart gevormd wordt?

Op al deze vragen kan vooralsnog geen afdoend antwoord gegeven worden.

Verscheidene kometen krijgen, zonder nog den staart er bij te rekenen, een omvang, duizenden en tienduizenden malen grooter dan de planeet Jupiter, en toch is het gebleken, dat de massa van zulk eene komeet onbegrijpelijk gering moet zijn. De sterrekundigen hebben al menigmaal berekend, welken invloed de aantrekking der planeten op den loop der kometen heeft. Ware de zon niet omringd door een aantal planeten, en eene komeet bewoog zich om haar in eene elliptische loopbaan, dan zou die loopbaan altijd dezelfde blijven, en de omloopstijd der komeet zou dus ook nooit de minste verandering ondergaan. Maar zooals ik u mededeelde, is het waarschijnlijk, dat de terugkeerende kometen door de aantrekking der planeten hare elliptische loopbaan gekregen hebben, en het spreekt van zelf dat die loopbanen ook weder door de aantrekking van diezelfde planeten kunnen veranderd worden.

Gaat eene komeet toevallig dicht voorbij eene planeet, dan kan die verandering wel eens zeer aanzienlijk zijn, zoodat de omloopstijd aanzienlijk gewijzigd wordt. Een voorbeeld daarvan is bijv. de komeet van Halley. Die heeft een omloopstijd gehad tusschen de verschijningen:

van	1456	en	1531	van	75	jaren	en 2	maanden,
„	1531	„	1607	„	76	„	„ 2	„ „
„	1607	„	1682	„	75	„	„ 1	„ „
„	1682	„	1759	„	76	„	„ 6	„ „
„	1759	„	1835	„	76	„	„ 8	„ „

en dit verschil is nu alleen toe te schrijven aan de aantrekking der planeten.

Maar nu zou men omgekeerd verwachten, dat de kometen door hare aantrekking ook de planeten in *hare* loopbaan stoorden; maar daarvan is totnogtoe nooit iets gemerkt. Het is voornamelijk Jupiter, die de groote veranderingen of zooals men het noemt *storingen* in den loop der komeet van Halley veroorzaakt heeft, en desniettemin is in den loop van Jupiter en zijne wachters geene de minste verandering te bespeuren geweest.

ABDULLAH. Maar mijnheer, mag ik u iets opmerken? Jupiter is ook zoo groot en het is toch, dunkt mij, wel te begrijpen, dat zoo eene lichte komeet zoo een zwaar lichaam als Jupiter niet zooveel uit zijne baan zal trekken, maar omgekeerd wel.

DE HEER. Zooals gij daar redeneert schijnt zeer logisch te zijn, en toch is het dat niet. Of Jupiter groot en zwaar is of niet, dat doet er niets toe, evenmin als het op de snelheid van een vallend lichaam invloed heeft, of een lichaam zwaar of licht is. Elk deeltje van een vallenden steen, wordt door de aarde aangetrokken, valt dus even goed alsof het alleen was. Zoo wordt ook elk deeltje van Jupiter, als hem eene komeet voorbijgaat, door die komeet aangetrokken, en indien die komeet dus eene massa had, die maar eenigszins met die der planeten, ook die der kleine, ik meen Mercurius, de Aarde, Venus, Mars, in vergelijking kon komen, dan zou Jupiter even zoo goed naar de aantrekking van die komeet moeten luisteren, en dan zouden de sterrekundigen dit aan den loop van Jupiter moeten gewaar worden. Maar daarvan is tot nog toe nooit iets gemerkt, trouwens evenmin, als dat men die werking der kometen aan een der kleine planeten bemerkt heeft.

§ 321.

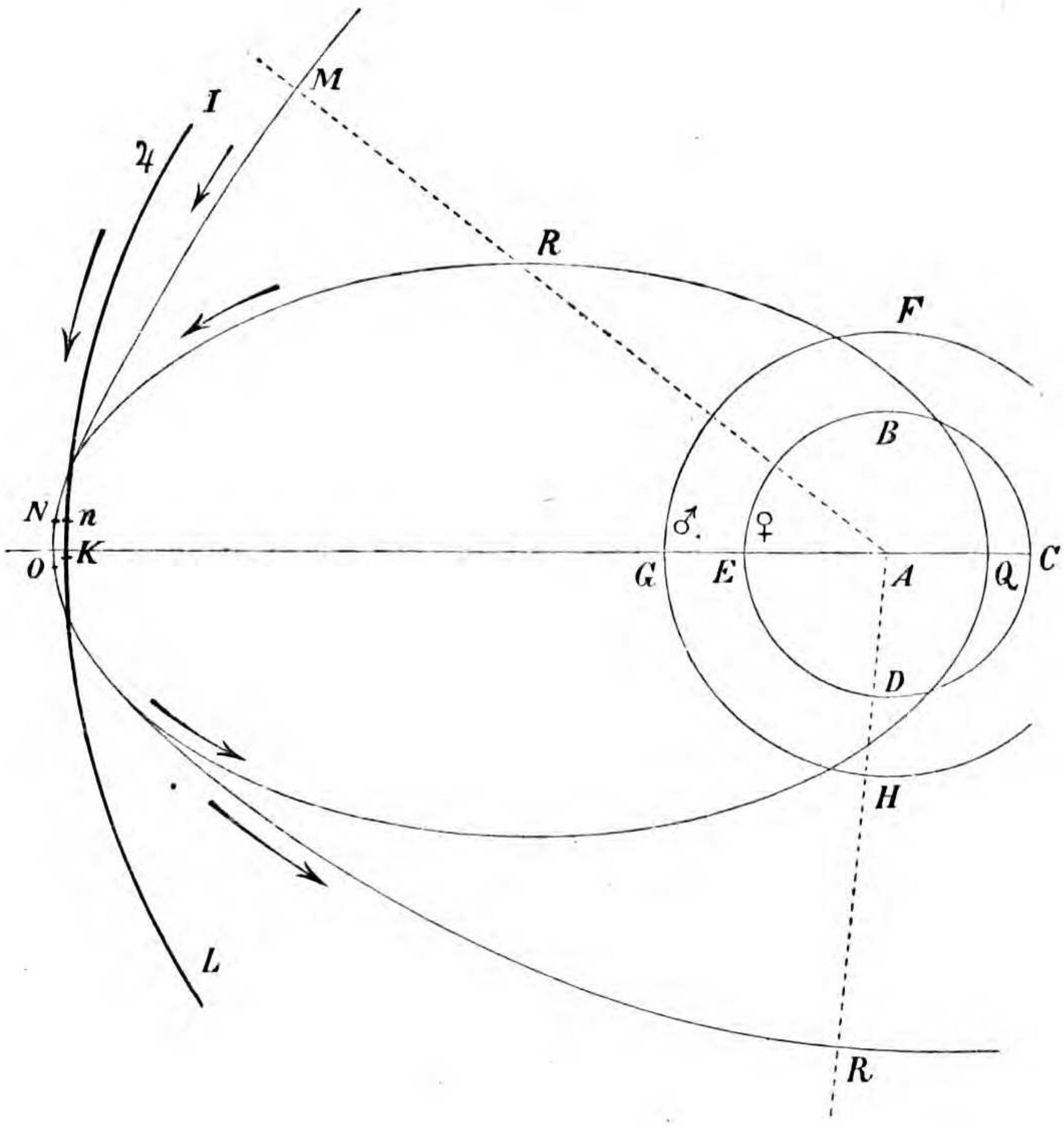
GESCHIEDENIS VAN DE KOMEET VAN 1770.

Een sterk voorbeeld daarvan heeft er in de achttiende eeuw plaats gehad. In het jaar 1770 doorliep eene komeet aan den hemel eene baan, die den sterrekundigen duidelijk aantoonde, dat hare eigenlijke loopbaan eene ellips was, waarin zij in ongeveer $5\frac{1}{2}$ jaar eenen omloop moest volbrengen. Als zij na $5\frac{1}{2}$ jaar (in het jaar 1776) terug kwam — dit wisten de sterrekundigen van te voren — kon zij onmogelijk gezien worden, daar zij dan steeds te dicht bij de zon zou zijn. Maar weer $5\frac{1}{2}$ jaar later, in 1781 of 82, was er alle hoop haar te zien, en in dien tijd was er nog geen enkele komeet met zoo een korten omloopstijd bekend, zoodat de geleerden met veel belangstelling hunne kijkers richtten naar de plaats, waar men haar verwachten kon. Maar dit was te vergeefs. Zij verscheen niet. Toen vermoedden de sterrekundigen, dat zij waarschijnlijk haar loop veranderd had door de aantrekking van een der planeten. En zoo werd het ook bevonden. In fig. 579 ziet gij, hoe de zaak geloopen heeft. In deze figuur beteekent A de zon, $BEDC$ de loopbaan der aarde, FGH de loopbaan van Mars, IKL die van Jupiter.

De komeet moet vóór het jaar 1767 eene geheel andere loopbaan gehad hebben dan in het jaar 1770. De ellips MN moge deze voorstellen. Toen kwam de komeet in het punt N in de nabijheid van Jupiter, die in n was, en door wiens aantrekking hare loopbaan zoo veranderd werd, dat zij nu in de ellips $OPQR$ veranderde, die nagenoeg in het vlak der ekliptika lag, en waarin zij twee omloopen, ieder van 5 jaar en $7\frac{1}{2}$ maand, moet volbracht hebben. De eene maal kwam zij den 14^{en} Augustus 1770 in haar naaste punt Q. Zij was toen zichtbaar en is door een aantal sterrekundigen van 28 Juni tot 2 October waargenomen. De aarde was in hare loopbaan aan dezelfde zijde van de zon als de komeet; dus was de af-

stand van aarde en komeet over het algemeen niet groot en

Fig. 579.



kon men haar goed zien. In 1776 daarentegen, toen de komeet in het voorjaar weder door haar naaste punt Q ging, bevond zich de aarde ongeveer in E, en derhalve was de komeet zeer ver af, en tevens voortdurend in de zonnestralen verborgen. Toen is zij niet gezien, maar wat gebeurde er toen verder? Dezelfde komeet moet in het jaar 1779 weder dicht bij haar verste punt O tegelijk met Jupiter gekomen zijn, zoodat Jupiter in K was, en zooals de berekeningen zonder eenigen twijfel hebben aangetoond, moet deze hare loopbaan op zulk eene wijze hebben veranderd, dat zij, zooals b. v. de kromme

lijn OR aangeeft, niet meer in de nabijheid der aarde komt.

Hierdoor is dus verklaard geworden, waarom die komeet noch voor 1770, noch na 1770 gezien geworden is.

---

§ 322.

GESCHIEDENIS VAN DE KOMEET VAN BRORSEN.

Een dergelijk geval is met de komeet van Brorsen gebeurd, waarvan ik u in § 316 verteld heb, dat zij tot de kometen met korten omloopstijd behoort. Die komeet werd in 1846 door een student, Brorsen genaamd, ontdekt; het bleek, dat zij een omloopstijd van slechts $5\frac{1}{2}$ jaar had. Natuurlijk werd er gevraagd: waarom is die komeet dan nooit vroeger gezien? Eenvoudig om dezelfde reden als dat de komeet van 1770 niet vroeger gezien was. In Mei 1842 namelijk was die komeet in haar verste punt geweest, terwijl zich Jupiter in zijne loopbaan in de nabijheid bevond. Het is door onderzoek gebleken, dat de komeet vroeger eene andere loopbaan gehad moet hebben, in welke zij slechts iets nader bij de zon kwam dan de gemiddelde afstand van Mars tot de zon bedraagt; (geen wonder dus, dat zij niet is gezien geworden,) en dat hare baan eerst door de aantrekking, die Jupiter op haar in 1842 uitoefende eene zoo korte loopbaan van $5\frac{1}{2}$ jaar gekregen heeft. Nu zal die komeet hare loopbaan eenige malen ongestoord kunnen volbrengen, totdat zij weder eens met Jupiter op of nabij hetzelfde punt eene samenkomst heeft, waar zij in 1842 elkander ontmoet hebben, en dan staat te verwachten, dat hare loopbaan opnieuw aanzienlijke veranderingen zal ondergaan. Maar naar alle waarschijnlijkheid zal dit niet voor het jaar 1937 kunnen gebeuren.

---

§ 323.

LICHTHEID DER STOF, WAARUIT DE KOMETEN BESTAAN.

En wat is nu de verandering in de loopbaan van Jupiter geweest? Antwoord: noch door de ontmoeting met de komeet van 1770, noch door die met de komeet van Brorsen, heeft de beweging van Jupiter de minste verandering geleden. Al ware de massa van de komeet veel minder geweest dan die van onze maan, die zelf slechts $\frac{1}{81}$ weegt van onze aarde, dan zou nog de uitwerking op de loopbaan van Jupiter voor de sterrekundigen niet verborgen hebben kunnen blijven. Gij kunt dus hieruit reeds opmaken, hoe bijzonder dun of ijl de nevel is, waaruit de kometen bestaan.

---

§ 324.

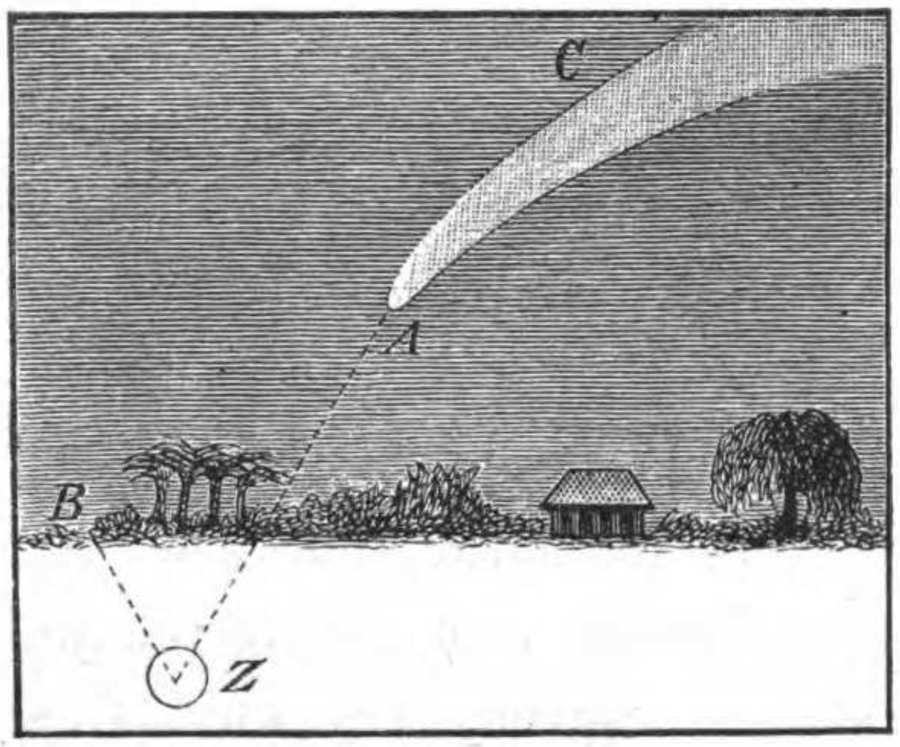
DE OORZAAK VAN DE VORMING DER KOMETEN-STAARTEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, wat is dan toch die staart, waarvan u mij bijv. in fig. 558 eene teekening hebt laten zien?

DE HEER. Die vraag is ook gemakkelijker gedaan dan beantwoord. Al wat wij er van weten is het volgende. In bijna alle gevallen, die men heeft nagegaan, is de staart van de zon afgekeerd. Om zich daarvan te overtuigen moet men, als er bijv. 's avonds eene komeet in het westen zichtbaar is, nagaan, waar de zon ongeveer onder den horizon zijn kan; zie bijv. fig. 580; stel, dat zich daar eene komeet in A bevindt, en dat de zon in B is ondergegaan, en zich, als de komeet zichtbaar geworden is, ongeveer in Z bevindt, dan zal men bijna altijd zien, dat de staart, zooals in de figuur te zien is, gekeerd is naar de zijde, tegenovergesteld aan die der zon. Als

men de komeet vroeg genoeg zien kan, ziet men dien staart zich altijd ontwikkelen, want zooals ik u gezegd heb, als eene komeet zich voor het eerst vertoont, verschijnt zij als een klein vlekje. Wij komen dus tot het besluit dat die staart noodwendig ontstaan moet door eene afstootende kracht der zon.

Fig. 580.



Heeft nu eene komeet twee staarten, zooals de komeet van Donati, zie fig. 559, dan moet men aannemen, dat er sommige deeltjes der komeet zijn, waarop de zon, om welke reden dan ook, eene andere afstootende kracht uitoefent dan op de andere. Terwijl dus de meeste deeltjes der komeet, zich van de kern verwijderende, den grooten staart *a b c* gevormd hebben, zoo vormen andere deeltjes, die door eene andere in dit geval eene sterkere afstootende kracht voortgedreven worden, den staart *a d*.

---

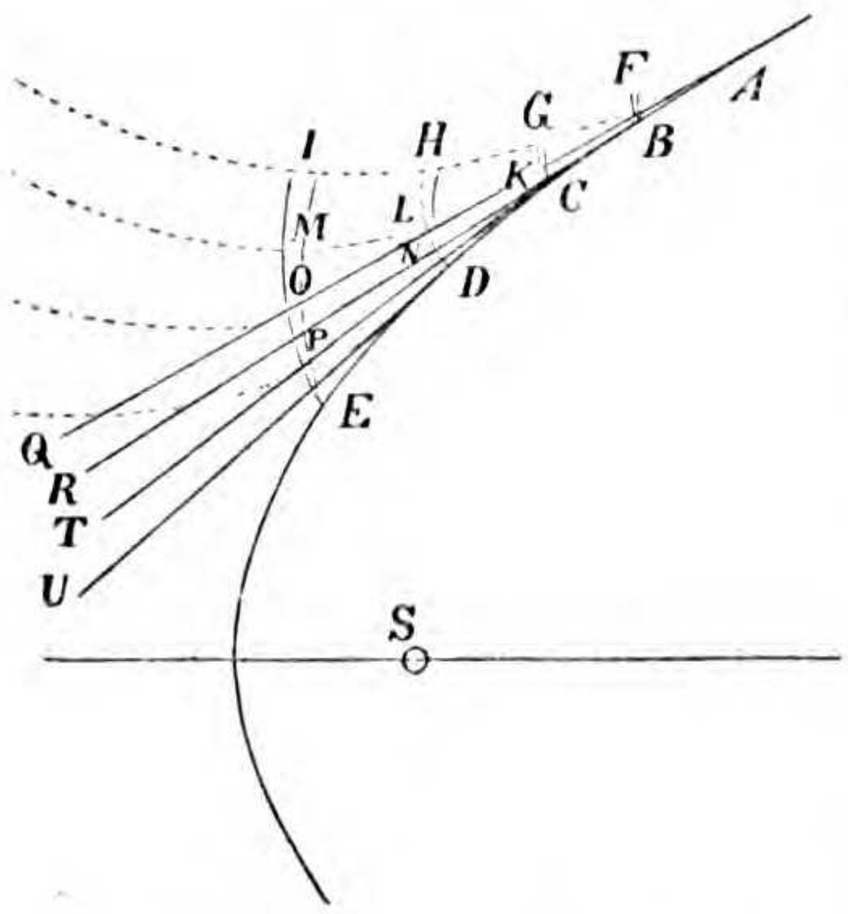
§ 325.

OVER DE WIJZE, WAAROP DE STAART GEVORMD WORDT.

Nu moet gij niet denken als gij eene komeet mocht zien, dat die deeltjes, die zich aan het eind van den staart bevinden, een weg van den kern hebben afgelegd, die door het beloop van den staart worden aangegeven. Bijv. al ziet gij den staart zuiver getrokken van *A* tot *C*, fig. 580, daarom is toch *A C* niet de weg, dien het deeltje *B* van den staart heeft afgelegd. Zie eens hier, hoe gij die vorming van den staart moet opvatten.

Zij *A B C D E*, fig. 581, de loopbaan eener komeet, *S* de zon. Voordat de komeet in *A* gekomen is, stellen wij eens, dat er nog geene duidelijke ontwikkeling van den staart heeft plaats gehad. Nu is de komeet op 5 achtereenvolgende dagen in de punten *A*, *B*, *C*, *D* en *E*. Laat ons vooronderstellen, dat als de komeet in *A* is, de afstootende kracht der zon op sommige deeltjes der komeet begint te werken; de algemeene aantrekkingskracht der zon, of anders gezegd de zwaartekracht, werkt ook wel nog altijd op die deeltjes, maar die afstootende kracht, die den staart vormt, is (dit is gebleken) zoo sterk, dat zij de zwaartekracht overwint, en dus blijft er ten slotte eene afstooting over.

Fig. 581.



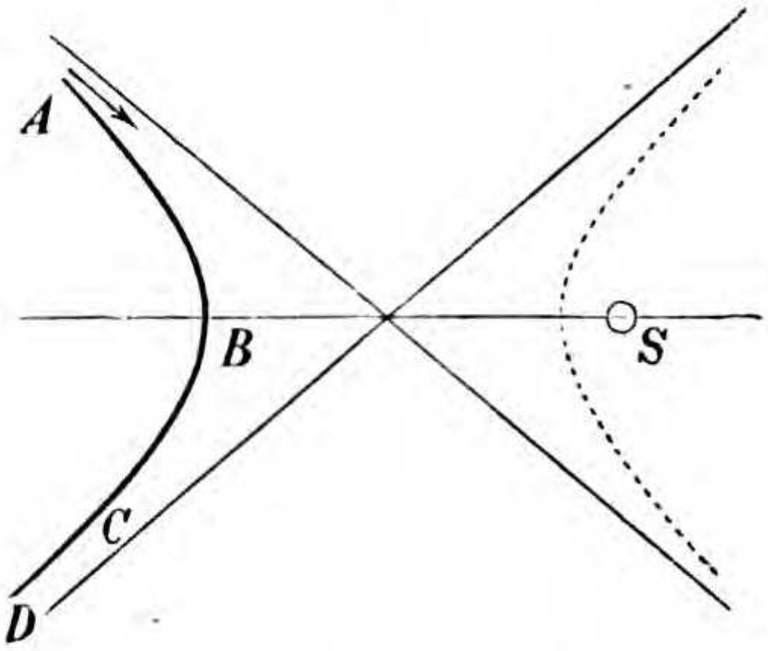
Voor zoover de waarnemingen en berekeningen der sterrekundigen hebben aangetoond, volgt de afstootende kracht, die de zon op de kometen-deeltjes uitoefent, dezelfde wet als de zwaartekracht, dat wil zeggen: op twee maal kleineren afstand is zij viermaal grooter; op driemaal kleineren afstand negenmaal grooter, enz. — Of zooals men het wiskundig uitdrukt: de afstootende kracht is, evenals de zwaartekracht, omgekeerd evenredig aan de tweede machten der afstanden.

Wij moeten dus nu eerst de vraag beantwoorden: als een lichaam de zon voorbijgaat, en de zon oefent op dat lichaam eene *afstootende* kracht uit, waarvan de sterkte omgekeerd evenredig is aan de tweede macht van den afstand, welke loopbaan beschrijft dan zoo een lichaam?

De beantwoording van deze vraag is voor een wiskundige niet moeielijk en het antwoord is, wat gij misschien reeds vermoed hebt, eene hyperbool, maar wel te verstaan niet de tak waarvan de *holle*, maar die waarvan de *bolle* zijde naar de

zon is toegekeerd. In fig. 582 is bijv. S de zon; komt er nu in A een lichaam met een zekere snelheid naar den kant van de zon toe, zonder nochtans dat de richting zijner beweging juist op de zon gericht is, en veronderstellen wij, dat de zon dat lichaam afstoot, en dat de afstootende kracht de wet volgt, die ik u zooeven heb opgenoemd, dan volgt dat lichaam eene hyperbolische loopbaan $A\,B\,C$. Ten slotte verwijdert het zich dus van de zon in de richting $C\,D$, die hoe langer hoe meer nadert tot de richting der asymptote, evenals, vóórdat het lichaam in A was, de richting zijner beweging zeer nabij met de andere asymptote moet zijn samengevallen.

Fig. 582.



Laat ons nu eens terugkeeren tot de deeltjes, die van de komeet afvliegen en door de zon afgestooten worden. Het deeltje dat, fig. 581, in A de komeet verlaat, heeft reeds, omdat het totnogtoe een deel der komeet heeft uitgemaakt, eene zekere snelheid in de loopbaan der komeet verkregen. Op het oogenblik dat de komeet in A is, heeft die snelheid de richting van de raaklijn $A\,Q$ aan de loopbaan $A\,B\,C\,D$. Het deeltje krijgt nu, tengevolge der afstootende kracht der zon, eene nieuwe loopbaan, en wel eene hyperbolische $A\,F\,G\,H\,I$. Laat het nu na één dag in F, na 2 dagen in G, na 3 dagen in H en na 4 dagen in I zijn.

Na één dag is de kern der komeet in B gekomen, het deeltje dat wij beschouwen is in F; gedurende den geheelen dag zijn er nog meer deeltjes afgescheiden, die zich nu natuurlijk ergens moeten bevinden tusschen B en F; de komeet heeft dus nu eenen staart $B\,F$ gekregen.

Vervolgen wij nu verder de deeltjes, die nu en nog later de komeet verlaten. De lijn, die de loopbaan der komeet in B aanraakt, is $B\,R$, die zal ook weer eene raaklijn moeten

zijn aan de hyperbolische loopbaan $B\ K\ L\ M$, die het deeltje beschrijft, dat de komeet in B verlaat.

$C\ T$ is raaklijn aan de loopbaan der komeet in C, het zal ook de raaklijn zijn aan de hyperbolische baan $C\ N\ O$, van het deeltje dat de kern in C verlaat.

Eindelijk zal $D\ U$ de raaklijn zijn aan de loopbaan der komeet in het punt D, en ook aan de nieuwe loopbaan $D\ P$ van het deeltje dat daar de kern verlaat.

Noemen wij nu A, B, C, D de deeltjes, die op deze punten de loopbaan der komeet verlaten hebben, dan stel ik, dat op de volgende dagen die deeltjes zich op de punten bevinden:

A	achtereenvolgens	in	F, G, H, I,
B	„	„	K, L, M,
C	„	„	N, O,
D		„	P,

dan zult gij van zelf inzien dat de staart van de komeet, het beloop zal hebben

na een	dag	van	$B\ F$,
„ twee	dagen	„	$C\ K\ G$,
„ drie	„	„	$D\ N\ L\ H$,
„ vier	„	„	$E\ P\ O\ M\ I$.

---

§ 326.

VOORBEELDEN VAN AFSTOOTENDE KRACHTEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, het is nu wel duidelijk, dat er zulk een staart moet gevormd worden als de zon die deeltjes afstoot, maar hoe komt dat nu? want u hebt mij tot nogtoe altijd gesproken van de algemeene aantrekkingskracht, en mij ook gezegd dat de zon alle lichamen aantrok?

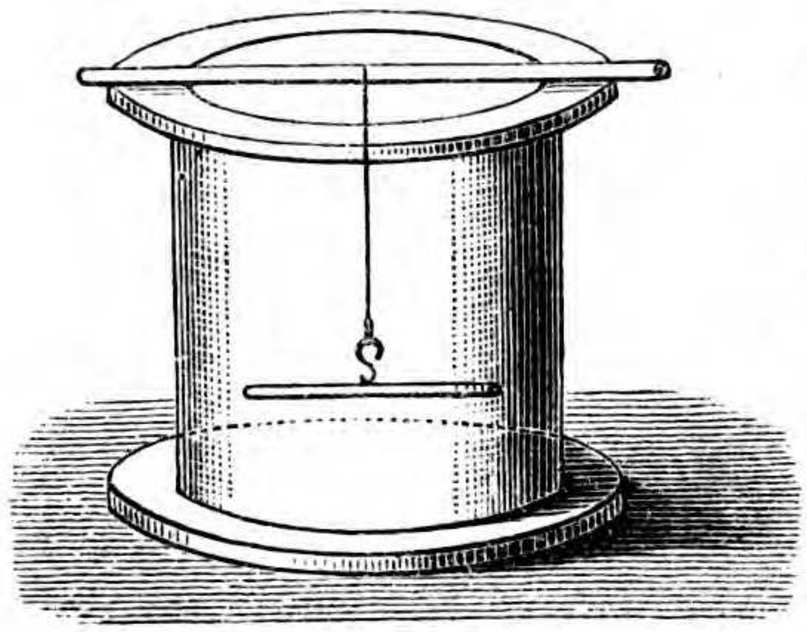
DE HEER. Ja, maar zooals het wel eens meer gaat, op vele regels bestaan uitzonderingen, en zoo is het hier ook.

In het algemeen blijkt het, wanneer eene komeet de zon nadert, dat aan den kant, naar de zon toegekeerd, uit de kern eene uitstrooming van stof plaats heeft. Het is alsof *de*

kern die stof uitstoot. Dit nu heeft niets vreemds in. Verbeelden wij ons maar dat de kern eene massa ijs is, dan zou het niets te verwonderen zijn, dat aan den kant, waar die massa door de zon beschenen wordt, dat ijs verdampt, en de gevormde damp zich om de kern heen als eene nevelachtige dampkring bleef ophouden. Maar nu zien wij duidelijk, dat die damp, eens gevormd, *door de zon* wordt afgestooten, en dat zoo de staart gevormd wordt.

Welke is nu die afstootende kracht? Laten wij eerst eens vragen: kennen wij afstootende krachten? Hierop is het antwoord: ja. Wij kunnen zelfs sommige lichamen in een toestand brengen, dat zij elkander afstooten. Ik zal u maar eerst eens herinneren aan de magneten. Elke magneet heeft eene noord- en eene zuidpool. Van twee magneten stooten de gelijknamige polen elkander af, de ongelijknamige polen trekken elkander aan. Dat wil zeggen: eene noordpool trekt eene zuidpool aan, en omgekeerd; daarentegen stoot eene noordpool eene noordpool af en evenzoo eene zuidpool eene zuidpool. Gij kunt dit beproeven met het magnetische haakje en de blikken vischjes met kleine magneetjes in den bek, die als kinderspeelgoed verkocht worden. Wanneer gij eene gewone naainaald eenige malen bestrijkt met het haakje en wel altijd in eene richting, bijv. van het oog naar de punt, dan is die naald magnetisch geworden en bezit dan eene noord- en eene zuidpool.

Fig. 583.



Hangt gij die naald op aan een zeer dunnen draad, zoodat zij horizontaal komt te hangen, (zie fig. 583), dan richt zij zich van zelve van het noorden naar het zuiden. Brengt men er eene tweede in dezelfde richting bestrekene naald met haar eene uiteinde bij, dan zult gij zien, dat het oog van de eene dat van de andere afstoot en de punten evenzoo.

Hier hebt gij dus eene afstootende kracht: het magnetisme van twee gelijknamige polen.

Ik heb u verder wel eens gesproken van electriciteit. Wrijf ik een stuk lak dan trekt het lichte voorwerpen aan, bijv. stukjes papier of stukjes van het plantenmerg, dat hier in Indië gebruikt wordt voor pitjes van nachtlampen (soemboe palita).

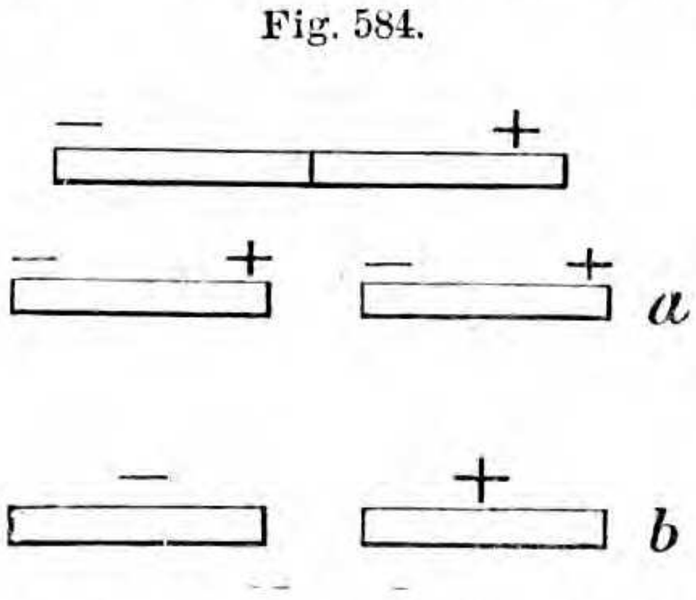
Evenals er nu twee polen in de magneten bestaan, zoo heeft men opgemerkt, dat elk lichaam, dat in de nabijheid van een geëlectriseerd lichaam (zooals dat lak) komt, ook twee polen krijgt; zoodra het echter uit de nabijheid van dat electrische lichaam verwijderd wordt, zijn die polen weder verdwenen. Deze polen hebben weder dezelfde eigenschap als de magnetische polen, dat de gelijknamige elkander afstooten en de ongelijknamige elkander aantrekken.

Maar er is een kennelijk onderscheid tusschen de magnetische en de electrische polen.

Ten eerste kunnen magnetische polen van eenige sterkte alleen in staal of ijzer worden opgewekt en electrische daarentegen in alle stoffen, die de electriciteit geleiden.

Ten tweede. Als men het lichaam, waarin men die polen verwekt, uit *twee* even groote lichamen samenstelt, die men door ze tegen elkander te houden om zoo te zeggen tot één lichaam vereenigt en men scheidt de stukken van elkander, dan zal als het stukken ijzer zijn, waarin magnetische polen verwekt zijn, elk der stukken eene positieve en eene negatieve pool hebben, (fig. 584*a*). Zijn de polen daarentegen door electriciteit opgewekt, dan blijft elke helft de electriciteit behouden, die zij vroeger gehad heeft. (Fig. 584*b*).

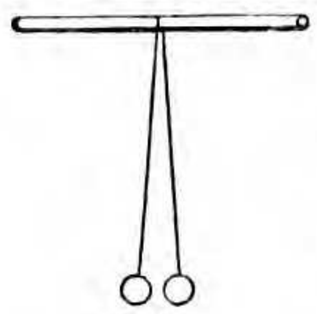
Fig. 584.



Om nu de proef te doen, dat gelijknamig geëlectriseerde lichamen elkander afstooten, vereenige men twee balletjes, gesneden uit plantenmerg, (in Nederland gebruikt men hiervoor het merg uit den

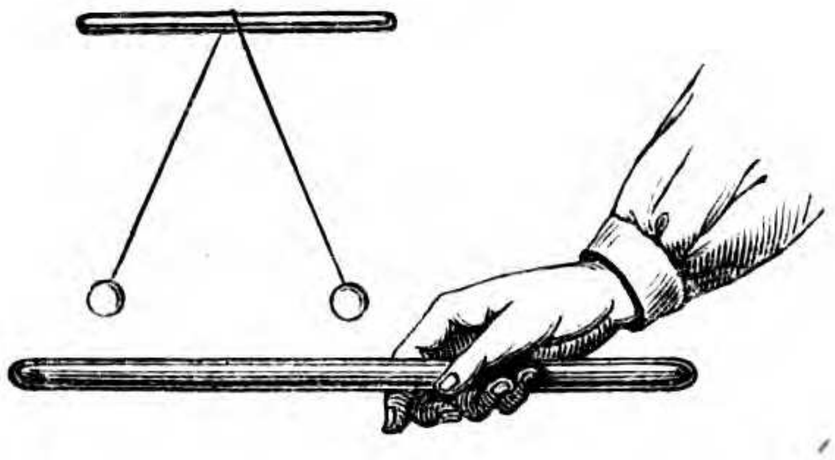
vlierboom en noemt het *vlierpit*), met een draad, dien men over een stokje hangt, zoodat de twee balletjes elkander aanraken (zie fig. 585). Houdt men nu onder die balletjes een

Fig. 585.



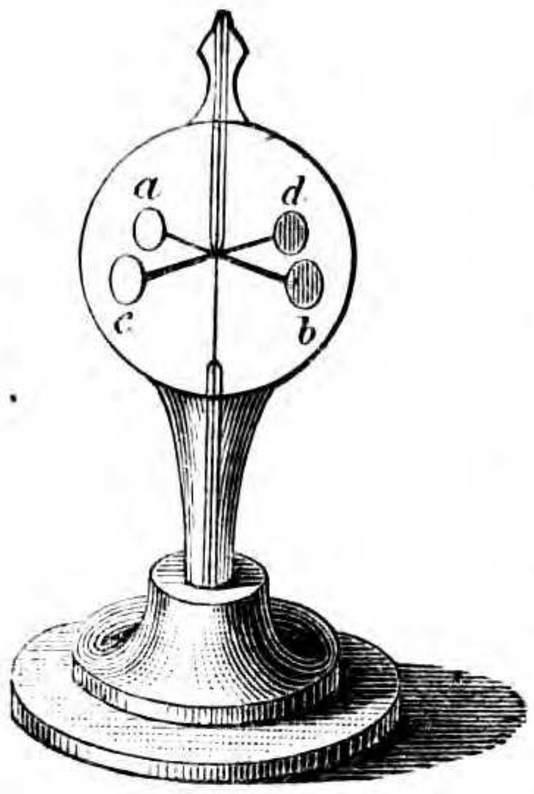
lakstang, die gewreven is, dan wordt de electriciteit in de balletjes gescheiden, de benedenzijde van elk der balletjes wordt positief electrisch, d. i. krijgt de electriciteit tegenovergesteld aan die der lakstang; de bovenzijde daarentegen krijgt de electriciteit gelijknamig met die der lakstang; het gevolg is dat van de beide balletjes de bovenzijden elkander zullen afstooten, en evenzoo de benedenste helften. De balletjes zullen dus uit elkander gaan, als in fig. 586.

Fig. 586.



Hier ziet gij dus twee voorbeelden van afstooting. Eenige jaren geleden, is er door een Engelsch natuurkundige met name Crookes, een merkwaardig instrumentje uitgedacht, waardoor aangetoond wordt, dat door de licht- en warmtestralen ook afstooting kan worden uitgeoefend. In een glazen bolletje (fig. 587) bevindt zich een molentje dat aan vier armen

Fig. 587.



vier zeer dunne vertikale plaatjes van plantenmerg of mica draagt, die aan de eene zijde zwart gemaakt zijn. De lucht, die in het bolletje is, wordt door eene bepaalde soort van luchtpomp duizenden malen verdund; daardoor kan het molentje zeer licht draaien, want de plaatjes hebben bijna geen wederstand van lucht te overwinnnen, maar alleen den geringen wederstand, dien de spits van het dunne asje, waarop het molentje draait, ondervindt op het bekertje, waarop het rust. Gij ziet in de figuur dat van boven ook een stiftje naar beneden

gericht is; dit dient enkel maar om het molentje te beletten van de onderste stift af te springen.

Zoodra nu dit toestelletje ergens geplaatst wordt, waar er licht of warmtestralen op vallen kunnen, bijv. over dag in eene kamer met een venster; bij avond in eene kamer, waar een licht brandt, dan gaat het draaien, en wel harder, naarmate het licht of de warmte sterker is. Nu is het gemakkelijk na te gaan of dit draaien een gevolg is van aantrekking of van afstooting. Men plaatse namelijk in eene donkere kamer den toestel, op eene tafel, en op eenigen afstand eene lamp of eene kaars. Onmiddellijk gaat het molentje draaien. Plaatst men nu een scherm tusschen het licht en de ééne helft van den toestel, dan ziet men dadelijk dat er afstooting plaats heeft, het plaatje, dat beschenen wordt, wordt afgestooten, en het zwartgemaakte het sterkst.

Hoe sterker het licht is, hoe sneller de omwenteling van het molentje, en daarom heeft de heer Crookes aan zijn toestelletje den naam gegeven van *radiometer*, d. i. stralenmeter.

Gij ziet dus, dat er bestaat afstooting 1° door magnetisme, 2° door electriciteit, 3° door licht- en warmtestralen.

---

§ 327.

AAN WELKE AFSTOOTENDE KRACHT IS DE VORMING VAN DE STAARTEN DER KOMETEN TOE TE SCHRIJVEN?

Aan welke van deze oorzaken moet nu de vorming der kometenstaarten worden toegeschreven? Dit is eene moeielijke vraag. Hoogstwaarschijnlijk aan de derde. Het magnetisme kunnen wij gerust buiten beschouwing laten.

Stel eens dat er ijzerdeeltjes in eene komeet zijn, die door den invloed der zon magnetisch worden, dan zou elk zulk een deeltje eene noordpool en eene zuidpool krijgen, en dit zou wel ten gevolge kunnen hebben, dat dat deeltje zich in eene

zekere *richting* ging plaatsen, maar nooit dat het zich met eene groote snelheid van de zon zou gaan verwijderen.

Wat nu de electriciteit aangaat, er zijn geleerden geweest, die ernstig eraan gedacht hebben de afstooting van de kometendeeltjes door de zon aan electriciteit toe te schrijven, maar daartegen zijn weer door andere geleerden ernstige bedenkingen in het midden gebracht. Indien de zon namelijk alleen door hare werking op een zoo grooten afstand electriciteit in de kometen moest opwekken, dan zou de zon eene bepaalde electriciteit moeten bezitten; en nu kunnen wij door onze proeven niet de eene soort van electriciteit opwekken of de andere soort ontstaat ook. Wrijf ik bijv. een lakstang met een zijden doek dan wordt de lakstang electrisch, maar de zijden doek ook, en die beide soorten van electriciteit zijn van elkander verschillend; zij willen zich als de wrijving ophoudt gaarne vereenigen en als dat gebeurt is alle werking naar buiten verdwenen.

Nu is het niet goed te verklaren, hoe de zon één soort van electriciteit zou bezitten; en als er daarentegen enkel eene *scheiding* van electriciteit op de zon bestond, zoodat de eene helft zoogenaamd positief electrisch en de andere zoogenaamd negatief electrisch was, dan zoude op een grooten afstand de werking van de eene helft noodzakelijk die van de andere helft opheffen en electrische aantrekking of afstooting zou er niet kunnen bestaan.

Er blijft dus nog de door den heer Crookes gevondene afstooting door licht- en warmtestralen over. Er is veel voor, om aan deze soort van afstooting de vorming der kometenstaarten toe te schrijven.

§ 328.

OVER DE HOEGROOTHEID VAN DE AFSTOOTENDE KRACHT DER ZON.

ABDULLAH. Maar mijnheer, wat ik vreemd vind, is, dat die afstootende kracht zoo sterk kan zijn, om dien staart te vormen. Worden die deeltjes in den staart dan niet weer even goed aangetrokken door de zon als de kern of het hoofd der komeet?

DE HEER. Natuurlijk wel, maar het blijkt uit alles, dat de kracht, waardoor de deeltjes worden afgestooten, sterker is dan de algemeene aantrekkingskracht. Een der grootste sterrekundigen van de eerste helft dezer eeuw, een Duitscher, met name *Bessel*, heeft reeds geleerd, hoe men uit den vorm, dien de staart achtereenvolgens aanneemt, berekenen kan, hoe groot de afstootende kracht moet zijn, die blijkbaar de vorming der kometenstaarten veroorzaakt. Bessel zelf paste zijne berekeningen het eerst toe op de komeet van Halley, die in het jaar 1835 verschenen is. Eerst 30 jaren na den dood van Bessel is er weer iemand geweest, een Russisch sterrekundige, met name *Bredichin*, die voor een aantal andere kometen onderzocht, hoe groot wel de afstootende krachten zijn, die de staarten van die kometen moeten ontwikkeld hebben. Hij kwam tot het vreemde resultaat, dat van nagenoeg 30 kometen, waarvan verscheidene meer dan één staart hadden, die staarten moeten ontstaan zijn door afstootende krachten, die één van de volgende drie sterkten hadden:

1°. 12 maal de aantrekkingskracht,
2°. 1,7 „ „ „ ,
3°. 1,1 „ „ „ .

Andere getallen vond hij niet. Het spreekt van zelf, dat feitelijk de afstootende kracht verminderd wordt met de aantrekkingskracht, dus moeten wij van deze getallen eene eenheid

aftrekken, om te vinden met hoeveel de afstootende kracht de aantrekkingskracht overtreft; dit is dus:

voor de 1e soort van staarten, met 11 maal de aantrekkingskracht,
„ „ 2e „ „ „ „ 0,7 „ „ „ ,
„ „ 3e „ „ „ „ 0,1 „ „ „ .

Het spreekt van zelf, dat, hoe zwakker de afstootende kracht is, hoe minder de deeltjes van den staart zich van de raaklijn verwijderen, en hoe sterker de afstootende kracht is, hoe meer die verwijdering bedragen zal, en dus hoe meer de staart zich recht tegenover de zon zal uitstrekken. Die sterrekundige Bredichin vond dan ook, dat bijv. van de komeet van Donati, van het jaar 1858 (fig. 559) de groote gekromde staart van de tweede soort, maar de fijne rechtlijnige van de eerste soort was. De schoone komeet van 1881, namelijk de eerste van de twee, die voor het bloote oog zichtbaar zijn geworden, heeft evenzoo twee staarten vertoond, waarvan de groote staart tot de eerste soort moet behoord hebben. De rechtlijnige staart scheen naar de berekening van den Amerikaanschen sterrekundige Boss eene tusschensoort tusschen de 2e en 3e soort te zijn.

ABDULLAH. Maar mijnheer, zouden die staarten dan uit verschillende soorten van deeltjes bestaan?

DE HEER. Ja, dat zou men dan moeten aannemen. Het zou bijv. mogelijk zijn, dat de staarten der eerste soort deeltjes uit waterstof, die der tweede soort uit koolstof, die der derde soort uit ijzer zouden bestaan. Ik noem u die stoffen maar, omdat zij zeer veel in de natuur voorkomen, maar het kunnen even goed andere zijn. De sterrekundige Bredichin, dien ik u noemde, meent reden te hebben, dit te vermoeden, maar wij moeten nog afwachten, wat nieuwe onderzoekingen daaromtrent kunnen leeren.

§ 329.

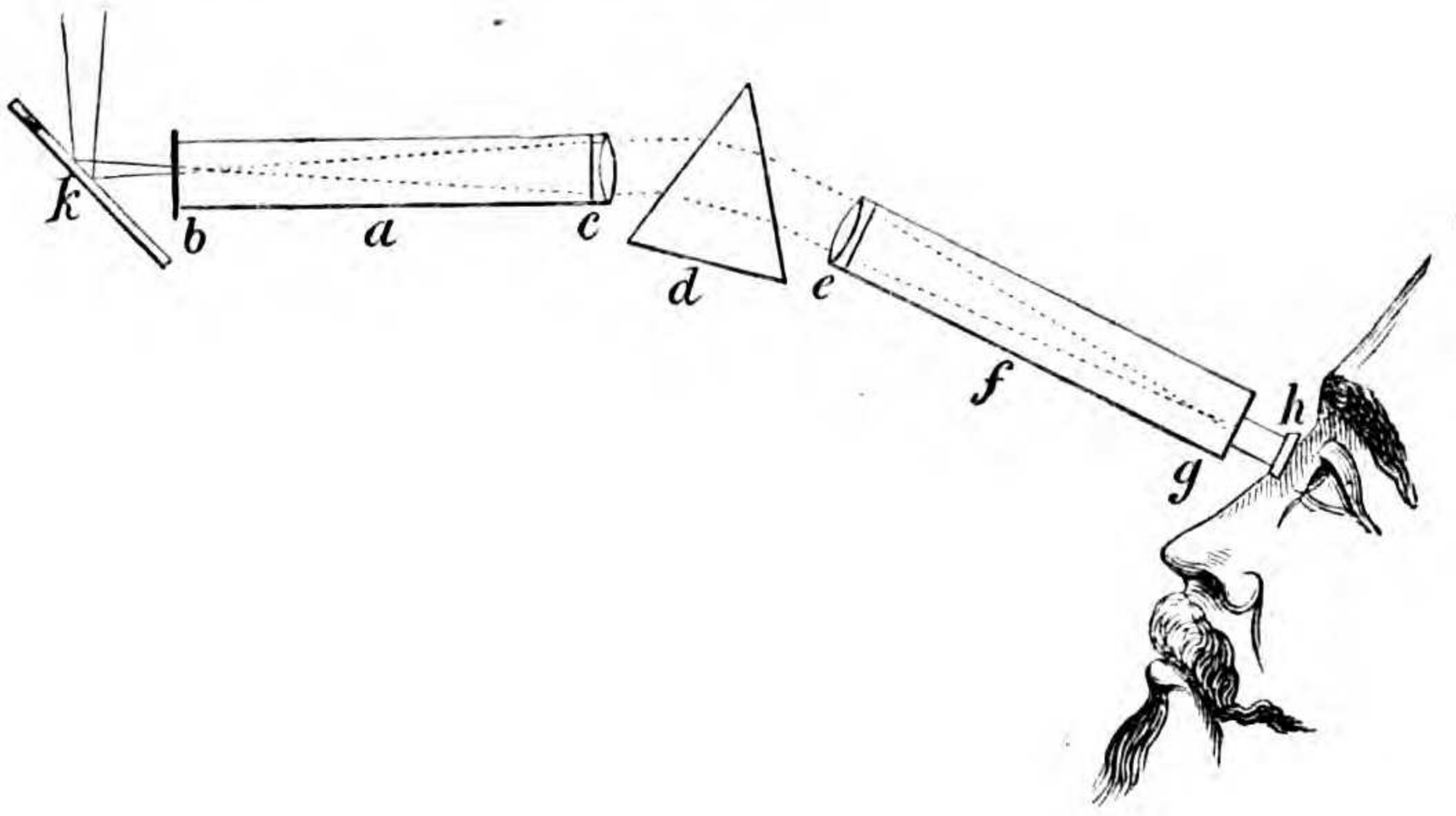
BESCHRIJVING EN GEBRUIK VAN DEN SPEKTROSKOOP.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat zal wel nooit mogelijk zijn; hoe zou men er ooit toe geraken te weten, waaruit die kometen of hare staarten bestaan? Men kan er immers niet een weinig van nemen om het te onderzoeken.

DE HEER. Neen, daar hebt gij wel gelijk aan, maar toch zijn dergelijke onderzoekingen omtrent sommige hemellichamen al zeer voldoende naar wensch gelukt. Ik heb u wel eens gesproken van de breking der lichtstralen (3e stukje § 163) en ook daarvan, dat Newton heeft aangetoond, dat het witte zonnelicht samengesteld was uit een aantal stralen van verschillend gekleurd licht (4e stukje § 212 en 213) en dat die stralen daarin onderscheiden zijn, dat zij verschillende breekbaarheid bezitten.

Als men nu in plaats van zonnelicht ander licht onderzoekt, dan vindt men, dat de verdeeling van het licht niet altijd zoo is als bij het zonnelicht. Voor dit onderzoek dient een toestel, dien men spektroskoop noemt, en die aldus is samengesteld. Fig. 588 stelt de doorsnede van dit werktuig voor;

Fig. 588.



a is een buis, die aan de eene zijde een objectief c, aan de

andere zijde een plaatje *b* draagt, waarin zich een fijne spleet bevindt. Het midden dezer spleet is juist het brandpunt van het objectief, zoodat stralen, die uit dat midden op dat objectief vallen, hetzelve als een cylindrische stralenbundel verlaten; deze bundel wordt door een glazen prisma *d* opgevangen, gebroken en in kleuren ontbonden, zoodat, wanneer de bundel, die het prisma verlaat, op het objectief *e* valt, deze zich niet meer in één punt *g*, maar in een reeks van punten zal vereenigen, waardoor het oog een zoogenaamd *kleurenbeeld* of *spektrum* te zien krijgt. Bestond in plaats van de vertikale spleet in *b* alleen een fijn gaatje, dan zou dat spektrum zich ook als een fijne lijn voordoen, maar doordien de spleet eenige lengte heeft krijgt het spektrum eene zekere breedte, zooals fig. 589 aangeeft. Dit spektrum is zooals men het waarneemt als men de vlam eener brandende olielamp voor de spleet plaatst en dus daarvan het licht onderzoekt. Men onderscheidt dan duidelijk de kleuren, die ik u al eens opgenoemd heb, rood, oranje, geel, groen, blauw, indigo en violet. Wil men nu het zonnelicht onderzoeken, dan is het gewoonlijk gemakkelijker het eerst op een spiegel *k* op te vangen en dan in de richting van de buis *a* te laten terugkaatsen.

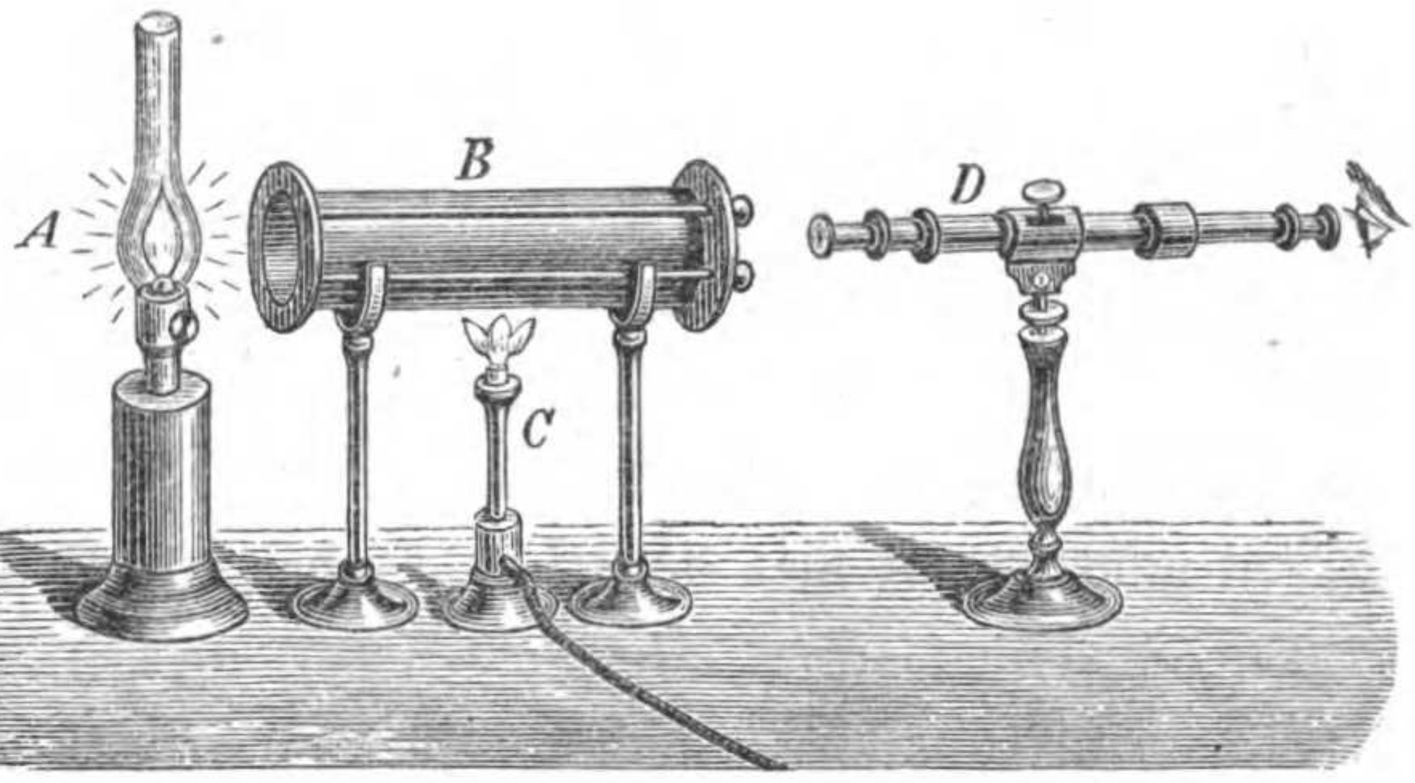
Indien de spleet dan fijn genoeg is, dan wordt men in het door de zon gevormd spektrum een aantal fijne strepen gewaar, zoodat het geheel er ongeveer uitziet als fig. 590.

Deze strepen ziet men altijd op dezelfde wijze, zij zijn het eerst in 1814 ontdekt, door Fraunhofer, een Duitscher, die veel gedaan heeft voor de verbetering van kijkers. Daarom noemt men ze de strepen van Fraunhofer.

Fraunhofer kon niet uitleggen, waar die zwarte strepen van daan kwamen, maar had toch reeds het vermoeden, dat zij met de stoffen, die op de zon aanwezig zijn, in verband moeten staan. Want hij had opgemerkt, dat als het licht, dat door de spleet scheen, van eene kaars afkomstig was, dan geene donkere strepen in dat spektrum aanwezig waren, maar alleen twee heldere strepen, en wel juist op de plaats, waar in het

zonnespektrum de twee donkere strepen waren, die in de figuur met *D* zijn aangegeven. Het is eerst 43 jaren geleden aan twee Duitsche geleerden, Kirchhoff en Bunsen, gelukt eene volledige verklaring te geven van die zwarte strepen; zij ontstaan namelijk doordien er in den dampkring der zon de dampen van een aantal stoffen zweven: ijzer, nikkel, natrium (het metaal, dat in het gewone zeezout is,) waterstof en een aantal andere. Nu hebben die dampen de eigenschap, dat zij, gloeiend zijnde, licht uitstralen van slechts bepaalde breekbaarheid, bijvoorbeeld gloeiende natrium-dampen geven geen ander licht dan dat eene breekbaarheid heeft van de eerste en van de tweede zwarte streep *D*. Maar als door diezelfde gloeiende dampen het licht moet gaan, afkomende van een nog heeter gloeiend, vast of vloeibaar lichaam, dat anders altijd een volledig spektrum zonder donkere strepen geeft, dan wordt door die gloeiende dampen juist *dat* licht opgeslorpt, dat overeenkomt met hetgeen zij anders zelf afgeven, en er komt dan op diezelfde plaatsen een donkere streep, waar men een lichte ontwaart als die stof zelve gloeiend is en licht uitzendt. Bijv. laat ik achter een spleet van een spektroskoop in een metalen plaatje een spirituslamp branden, in wier pit ik een weinig zeezout doe, dan zie ik slechts twee lichte strepen (fig. 591). Laat ik

Fig. 592.



daarentegen door die spleet de vlam eener gewone olielamp of

het licht van een witgloeiende ijzeren staaf schijnen, dan zie ik een doorloopend spektrum, dat zich uitstrekt van het rood tot en met het violet; maar laat ik dat licht, zie fig. 592, eerst door een glazen buis *B* gaan, waarin zich een stukje natrium bevindt, dat ik met een spirituslampje of gasvlam *C* in damp doe overgaan, en bezie ik het daaruitkomende licht dan met een spektroskoop *D*, dan zie ik onmiddellijk twee donkere strepen op dezelfde plaats, waar vroeger de heldere strepen zichtbaar waren. De spektroskoop in de figuur is van eene andere samenstelling dan die van fig. 588; men kan er evenals door een kijker rechtuit door zien. Het zou ons nu te lang ophouden als ik u ging uitleggen, hoe zulk een spektroskoop is samengesteld.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is toch allervreemdst. En weet men ook, hoe dat komt?

DE HEER. Wel, het is nog zoo vreemd niet als u dat wel op het eerste hooren voorkomt. Gij herinnert u toch wel, dat ik u al meermalen gezegd heb, dat het licht uit *trillingen* bestaat. Welnu, eene muzieksnaar, die trillende een toon veroorzaakt, heeft dezelfde eigenschap als de etherdeeltjes, die, trillende, licht te weeg brengen. Elke snaar namelijk geeft, als zij trilt, één bepaalden toon. Ontstaat er nu in de nabijheid van die snaar, hetzij door de menschelijke stem, hetzij doordien eene andere trillende snaar, klok of een ander veerkrachtig voorwerp trilt, dezelfde toon, die aan de snaar eigen is, dan zal zij gaan meetrillen. Een fijn wijnglas doet hetzelfde. Stel, gij slaat het aan; gij hoort goed, welken toon het geeft; gij bootst dien toon met uwe stem na, terwijl gij het wijnglas voor uwen mond houdt, en gij zult daarna duidelijk kunnen hooren, dat het wijnglas dien toon herhaalt.

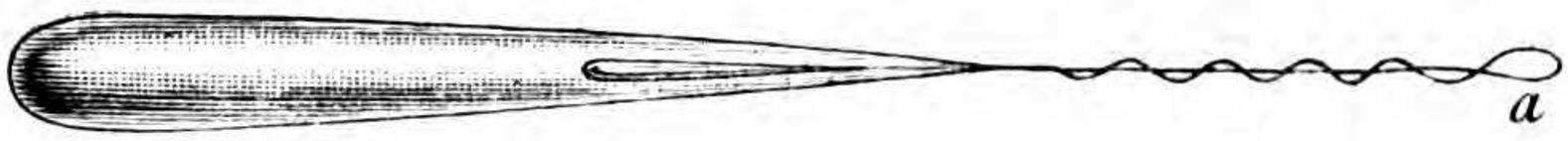
Hetzelfde gebeurt nu met de etherdeeltjes, die licht moeten doorlaten. Zij nemen om zoo te zeggen zelf de trillingen over, die met hunne natuur overeenkomen, en de etherdeeltjes, die doorgaan, bezitten *die* trillingen niet meer.

De twee geleerden, die ik u genoemd heb, Kirchhoff en

Bunsen, hebben niet alleen in het algemeen die verklaring van de Fraunhofersche strepen gegeven, zij hebben van een aantal enkelvoudige en samengestelde lichamen onderzocht, welk licht hunne deeltjes geven als zij in gloeienden dampvorm zijn. Zoo gaf dan het natrium, dat in het zeezout voorkomt, door den spektroskoop gezien, licht op de twee plaatsen, die in fig. 591 zichtbaar zijn. Het behoeft niet damp van natrium zelf te zijn, dien men aanwendt, om deze proef te doen; men kan ook een weinig keukenzout op de pit van een spirituslamp doen. Onmiddellijk wordt de vlam, die vroeger lichtblauw was, heldergeel, en als men nu den spektroskoop met de spleet voor die vlam brengt, ziet men de gele strepen van fig. 591.

Andere stoffen, die niet zoo gemakkelijk vervliegen als keukenzout, zooals kalk, potasch, enz., moet men liever in de vlam houden, doch dan is het beste aan het einde *a* van een platinadraad een oogje te buigen, fig. 593, en daarin een drup-

Fig. 593.



peltje van eene oplossing te laten hangen, waarin de stof, die men onderzoeken wil, aanwezig is. Brengt men nu dat oogje met dien druppel bij de vlam, dan droogt hij schielijk op; in de vlam begint het opgedroogde zout spoedig sterk te gloeien, en dan wordt de vlam boven het zout gekleurd. Gij weet immers wel, dat in vuurwerk dikwijls kleuren voorkomen; men heeft bijv. dikwijls vuurpijlen, waaruit gele, roode, groene en blauwe gloeiende bollen voorkomen. Die kleuren ontstaan alle door verschillende stoffen, die met het kruit vermengd worden. Voor geel neemt men zeezout, voor rood een ander zout, dat in de scheikunde chloorstrontium genoemd wordt; voor groen eene koperverbinding; voor blauw weder een ander zout. Zijn die stoffen nu in eene vlam, dan vindt men in den spektroskoop in plaats van een doorloopend spektrum alleen lichte strepen

op één of eenige weinige plaatsen, en de kenschetsende kleur wordt altijd door de helderste van deze strepen teruggegeven.

Bunsen en Kirchhoff hebben zelfs aangetoond, dat de kleinste hoeveelheden eener stof reeds voldoende waren, om in den spektroskoop een duidelijk zichtbare streep te geven, zoodat een oogopslag voldoende was, om bijv. één duizendste gram van ééne of andere stof in eene vloeistof te onderkennen.

---

§ 330.

AANWENDING VAN DEN SPEKTROSKOOP VOOR HET ONDERZOEK VAN VERDUNDE GASSOORTEN.

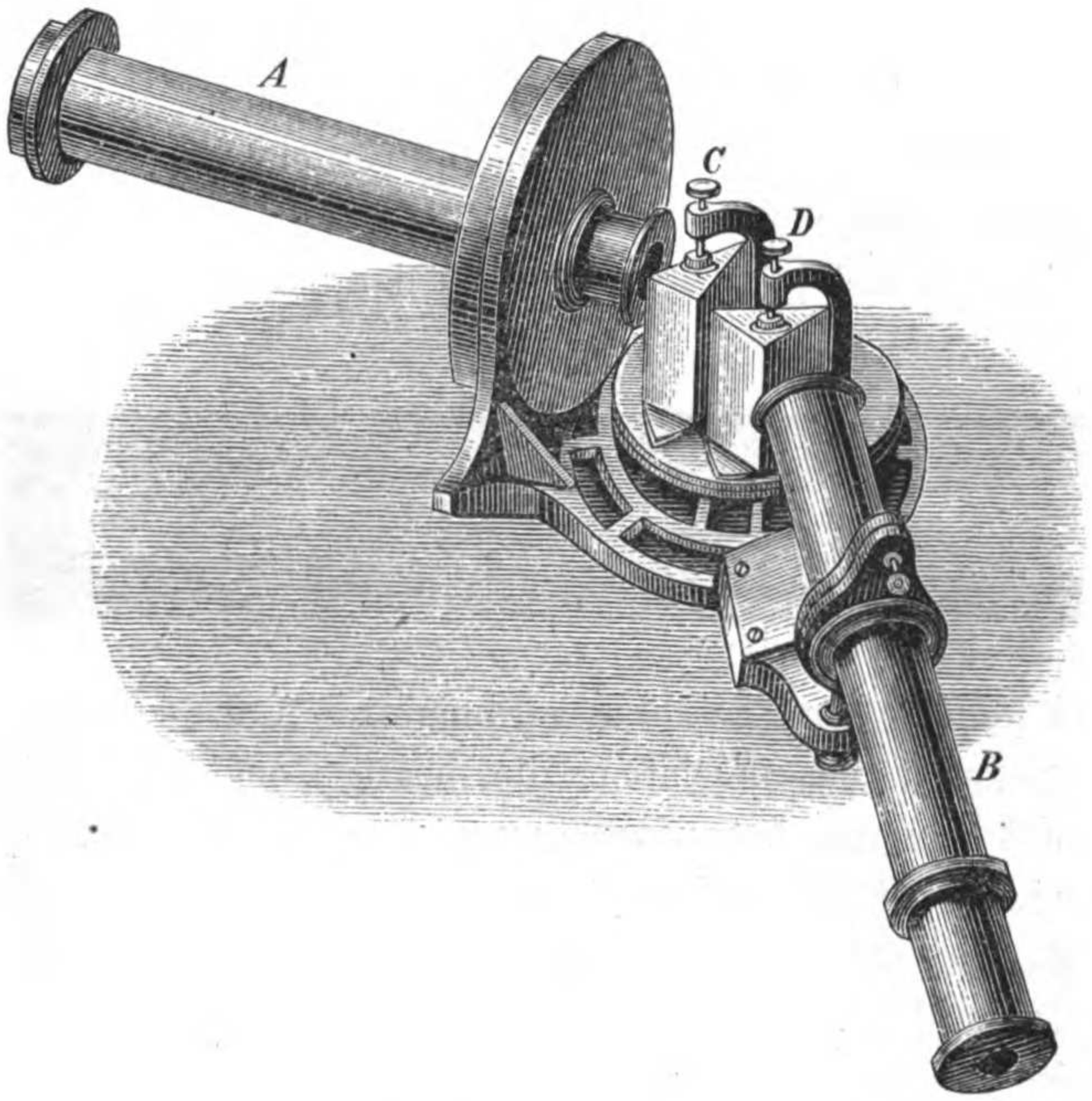
Toen nu eenmaal bekend was geworden, welk een schoon middel de spektroskoop was, om te onderzoeken uit welke stoffen een voorwerp bestond, begreep men al spoedig, dat niets verhinderde, om denzelfden toestel op het licht van hemellichamen aan te wenden.

Daartoe werd eenvoudig een spektroskoop aan een kijker aangebracht. In fig. 594 ziet gij daarvan eene afbeelding. De spleet, vooraan in het eerste buisje A, moet juist in het brandpunt van den kijker gebracht worden, d. i. dáár, waar al het licht, dat van een hemellichaam komt en op het objectief van den kijker valt, zich vereenigt; het gaat dan door de spleet en daarna door het objectief van die buis A, dat zich aan de zijde van het prisma C bevindt, wordt vervolgens door de prisma's C en D, die gij in de figuur ziet, ontbonden, en door het kijkertje B ziet men een spektrum, dat ons dikwijls iets kan leeren omtrent de stof, waaruit een hemellichaam bestaat.

Maar daartoe zijn twee voorwaarden noodzakelijk; ten eerste moet het voorwerp eigen licht geven, want geeft het bijv. licht, dat van de zon ontleend is, dan ziet men ook hetzelfde spektrum, dat de zon geeft; het licht, dat in het zonnespektrum

ontbreekt, kan bijv. niet aanwezig zijn in het spektrum, dat

Fig. 594.



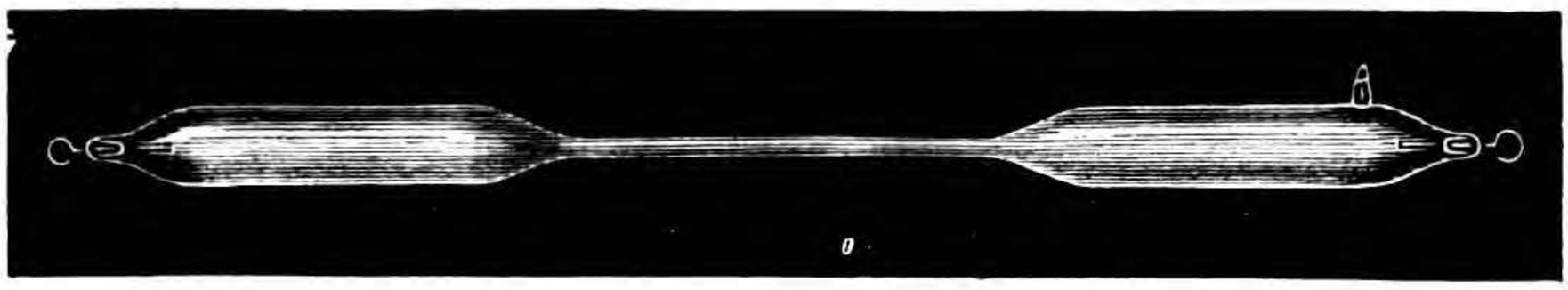
de maan of Venus of Jupiter geeft, want het licht van de maan, van Venus en van Jupiter is van de zon ontleend.

Eene tweede voorwaarde is, dat het voorwerp, wiens samenstelling men onderzoeken wil, in dampvorm aanwezig is, want vaste en vloeibare lichamen geven, als zij gloeiend zijn, een onafgebroken spektrum, dat wil zeggen een spektrum zonder strepen. En als zij damp- of gasvormig zijn, dan moeten zij in zeer verdunden toestand aanwezig zijn, want anders geeft een gloeiend gas ook een onafgebroken spektrum. Gij herinnert u, dat ik reeds gezegd heb, dat de vlam eener olielamp zulk een spektrum geeft; die vlam is toch niets anders dan een verbrandend en dus een gloeiend gas. Dit gas wordt door de hitte der vlam zelf uit de olie gestookt, die in de pit zit en

is nagenoeg hetzelfde gas, dat te Batavia en in andere groote plaatsen van Java, in plaats van olie tot verlichting van wegen en huizen dient. Als nu eene dunne glazen buis met datzelfde gas, maar zeer verdund, gevuld is, dan is er een hulpmiddel om het aan het gloeien te brengen, zoodat het lichtgevend wordt; daartoe moet men er namelijk een elektrischen stroom door laten gaan.

In fig. 595 ziet gij zulk een buisje dat daartoe is ingericht.

Fig. 595.



In het midden heeft het eene verdunning. Aan de einden zijn fijne metaaldraden ingelaten, die met een oogje er uitsteken Verbindt men nu het bovenste oogje met de eene pool eener batterij, en het onderste oogje met de andere pool, dan zal er dadelijk een stroom door het gas gaan, dat zich in de buis bevindt, en dat gas zal lichtgevend worden, maar in het nauwe gedeelte zal dat licht het sterkst zijn.

Plaatst men nu dat middelste gedeelte der buis juist voor den spleet van een spektroskoop, dan zal men een spektrum zien, dat geheel en al afwijkt van het zonnespektrum. Voor elk gas is het verschillend, voor waterstof anders dan voor zuurstof, en ook weer anders dan voor koolwaterstof, het gas, dat men uit olie stookt. In fig. 596 ziet gij bijv. het spektrum van waterstof, wanneer dit eene bepaalde dichtheid heeft, in fig. 597 van stikstof; in fig. 598 van het olievormend of anders gezegd koolwaterstofgas.

§ 331.

AANWENDING VAN DEN SPEKTROSKOOP VOOR HET ONDERZOEK VAN KOMETEN.

En als men nu een kijker, voorzien van een spektroskoop op eene komeet richt, wat ziet men dan? Totnogtoe is er slechts één geval geweest, dat het anders was, maar anders zag men steeds hetzelfde spektrum als hetgeen het koolwaterstofgas geeft, zooals fig. 598 ook duidelijk aangeeft.

Menigmaal werd, vooral bij heldere kometen, behalve de drie heldere banden, die men meestal in hun spektrum onderscheidt, en die fig. 598 aangeeft, ook nog een zwak, onafgebroken, spektrum gezien, dat zeer goed verklaard kan worden, doordien de kometen zonder eenigen twijfel licht van de zon ontleenen en terugkaatsen, evenals de planeten. En het zou dus ook niet eens te verwonderen geweest zijn, indien dit spektrum alleen te zien was geweest. Veeleer moet het ons treffen, dat de kometen een eigen spektrum geven, dat op dat van koolwaterstof gelijkt, want nu rijst de vraag: 1°. Bestaat de komeet nu werkelijk uit koolwaterstof? En zoo ja, hoe wordt dat koolwaterstof dan lichtgevend? Wij kunnen toch niet aannemen dat het gloeiend is! Want in die ruimte, waarin de komeet zich beweegt, heerscht zonder twijfel eene koude, waarvan wij ons geen denkbeeld kunnen maken.

---

§ 332.

PROEF VAN TYNDALL, WAARBIJ STERK VERDUNDE GASSEN ZEER LICHTGEVEND KUNNEN WORDEN.

Daarop is ook weder door eene merkwaardige proef van een Engelschen natuurkundige, met name Tyndall, antwoord gegeven. Hij heeft namelijk eene lange en dikke glazen buis gevuld met eene zeer geringe hoeveelheid damp, zoodat die

damp dus buitengewoon verdund in de buis aanwezig was, en zieţ! verlicht men dien zoo sterk verdunden damp door een helderen lichtstraal, dan wordt hij zelf sterk lichtgevend.

Het is dus waarschijnlijk dat het deze eigenschap is, die maakt dat wij de dunne kometenzelfstandigheid zien, niet alleen die zich in den kern en het hoofd, maar ook die zich in den staart bevindt. Het is waarschijnlijk dat de kern der meeste kometen uit eene of andere verbinding van kool en waterstof bestaat, bijv. petroleum, dat gij wel kent, of althans dat die kern zulk eene stof bevat; het is waarschijnlijk dat nadat de kern, tengevolge der zonnewarmte, eenige zijner deeltjes heeft afgestooten, de afstootende kracht der zonnestralen die deeltjes verder doet wegvliegen en zoo den staart der kometen doet ontstaan; gij ziet dus dat de sterrekundigen eenigszins op weg zijn, om de voornaamste merkwaardigheden der kometen te verklaren; maar toch is er nog veel duisters in de kometen; en de verklaringen die ik u gegeven heb, zijn alle eerst in de laatste 25 jaren, (1857—1882) gevonden, en daar de sterrekundigen steeds rusteloos voortgaan met de natuur te bespieden, is er gegronde hoop, dat ook veel wat totnogtoe raadselachtig in de kometen is, naderhand opgehelderd zal worden.

DERDE HOOFDSTUK.

Over de vallende sterren.

---

§ 333.

HOE DE HOOGTE GEVONDEN WORDT, WAAROP DE VALLENDE STERREN ZICHTBAAR EN WEER ONZICHTBAAR WORDEN.

ABDULLAH. Mijnheer, wat kan dat geweest zijn, gisteren avond naar huis gaande, heb ik drie of vier keer gezien dat er door den hemel eene soort van ster vloog; zij werd hoe langer hoe helderder, en was op eens uitgedoofd. Een van die sterren liet eene staart na. Ik heb dergelijke lichtjes al meer gezien, en mij al lang voorgenomen u eens te vragen, wat het toch zijn.

DE HEER. Ik wenschte dat ik uwe weetgierigheid geheel konde bevredigen, maar ook in de vallende sterren zijn bijzonheden op te merken, die nog niet geheel en al bekend zijn. Juist uwe vraag: wat het zijn? als gij daardoor verstaat: hoe groot zijn zij? waaruit bestaan zij? en waar komen zij van daan? is het moeilijkst te beantwoorden. Op het oogenblik is omtrent de beide eerste vragen nog niets en omtrent de derde vraag nog zeer weinig met zekerheid te zeggen.

Maar ik zal u dan toch mededeelen, wat men er tegenwoordig van weet. Alleen door nauwgezet en onbevooroordeeld die val-

lende sterren gedurende vele jaren waar te nemen, zijn de sterrekundigen er eindelijk toe gekomen, om op verscheidene andere vragen, de vallende sterren betreffende, en die toch ook van gewicht zijn, een voldoend antwoord te kunnen geven. Het allereerste, wat men moest onderzoeken, was, hoe hoog die vallende sterren wel boven den grond zijn? Bewegen zij zich, evenals de kometen, in de ruimte van het zonnestelsel, buiten den dampkring der aarde? of wel in den dampkring? Als zij zich in den dampkring bewegen, is dan de richting harer beweging naar den grond toegekeerd of van den grond afgekeerd, of met andere woorden dalende of rijzende?

Op al die vragen kon alleen antwoord gegeven worden door op twee plaatsen te gelijk dezelfde vallende sterren waar te nemen. Het eerst is dit, op aanraden van een hoogleeraar te Göttingen, met name Lichtenberg, gedaan door twee Duitsche studenten, met name Brandes en Benzenberg, en wel in het jaar 1798. Zij hadden, evenals gij zoo even deedt, gevraagd, wat de vallende sterren toch waren, en de hoogleeraar zeide dat hij het niet wist, maar wees hun den weg, dien zij volgen moesten, om er iets van te weten te komen. Hij ried hun, op twee plaatsen, die eenige Duitsche mijlen uit elkander lagen, nauwkeurig op denzelfden avond alle vallende sterren waar te nemen, die zij zouden zien; daarbij moesten zij aanteekening houden, ten eerste van den tijd, waarop zij de vallende ster zagen verschijnen en verdwijnen; ten tweede van de helderheid, vergeleken met de sterren der eerste, tweede, derde grootte, enz.; ten derde of er ook eenigen tijd een staart achterbleef, en hoe lang; ten vierde de kleur of andere bijzonderheden, zoo die op te merken vielen; en ten vijfde, (daar kwam het vooral op aan) welken weg de zoogenaamde vallende ster tusschen de wezenlijke sterren aan den hemel had doorloopen.

ABDULLAH. Maar mijnheer, waarom zegt u: zoogenaamde vallende sterren?

DE HEER. Omdat het geene sterren zijn, die vallen. Al hebben die vliegende lichtpuntjes eenigszins het uiterlijk van

sterren, daarom zijn het nog geene sterren. Men heeft tegenwoordig nauwkeurige kaarten van sterren aan den hemel; vroeger heb ik u al zulke kaarten gegeven, die de sterren tot en met de vierde grootte bevatten, (3e en 4e stukje). Men heeft ze, die verder gaan, en alle sterren bevatten die met het bloote oog zichtbaar zijn *). Als men nu eene vallende ster heeft zien voorbijgaan, zal men nooit zien, dat eene of andere ster, die men vroeger wel gezien heeft, en die op de kaart staat, verdwenen is. Men ziet die vallende sterren op een zeker punt van den hemel ontstaan, waar geene ster staat, ziet ze een rechten weg aan den hemel doorloopen, en plotseling uitdooven. Het zijn dus geene sterren, die van den hemel afvallen. En als gij u nu herinnert, wat ik u van de sterren verteld heb, hoe ver die van ons af zijn, en dat het lichamen zijn, die met onze zon te vergelijken zijn, dan zal het u niet verwonderen, dat het die lichamen niet kunnen zijn.

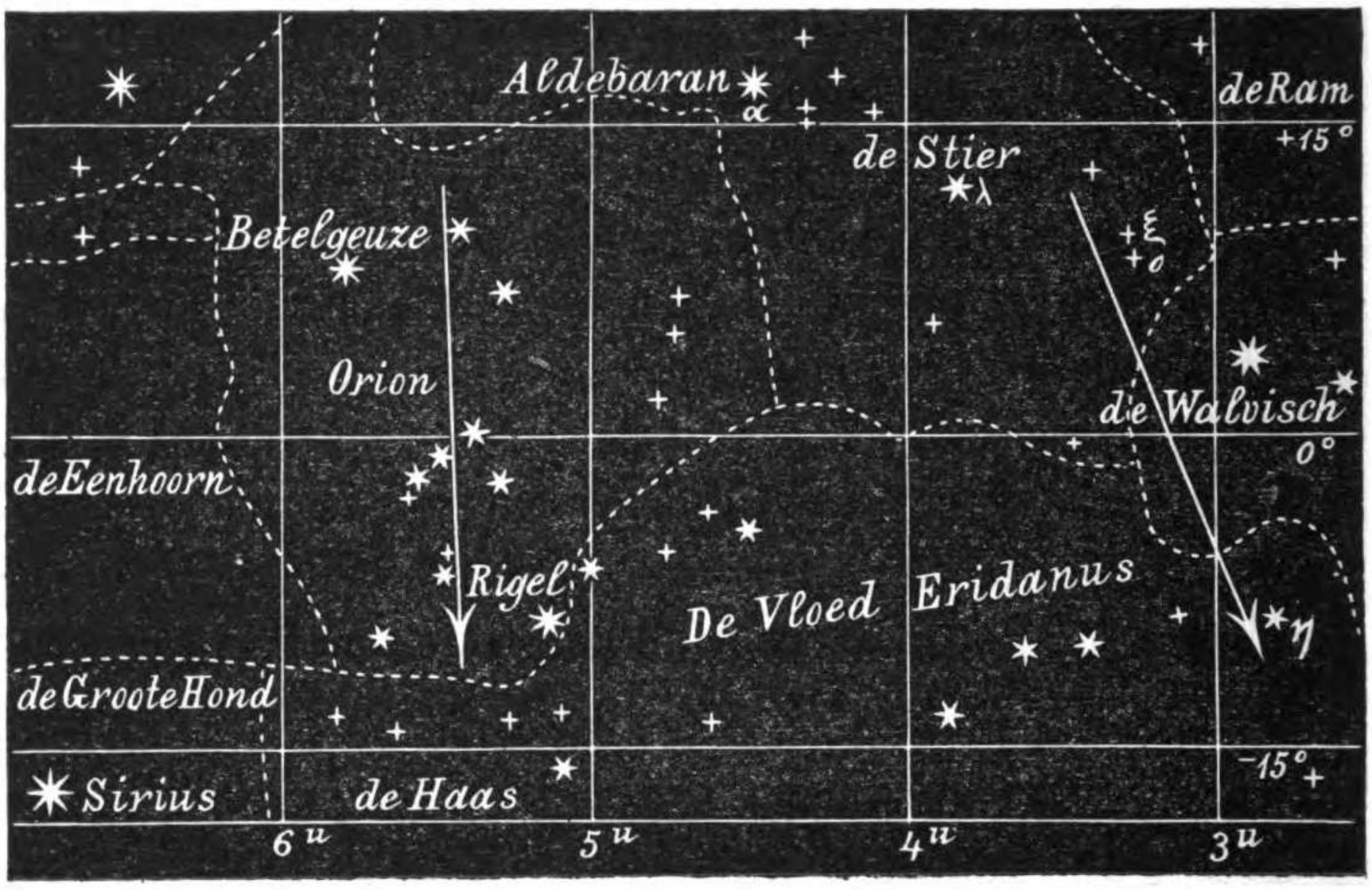
Maar laat ons nu eens terugkeeren tot hetgeen ik u zooeven vertelde. Waarom denkt gij dat Professor Lichtenberg aan die heeren voorschreef, aan te teekenen welken weg de vallende sterren tusschen de andere sterren doorliepen? Omdat naarmate de opgaven van beiden verschilden, de afstand van de baan der vallende ster tot de oppervlakte der aarde grooter of kleiner was. Stel eens dat één waarnemer zich bevindt te Samarang, een ander te Pekalongan. De afstand dezer twee plaatsen is omtrent 55 paal of 83 kilometers; zij liggen nagenoeg Oost-West van elkander en te Samarang is het juist 3 min. later dan te Pekalongan. Stel de waarnemer te Pekalongan

---

*) De nieuwste sterre-atlas, waarop al de sterren staan, die in Europa voor het bloote oog zichtbaar zijn, is die van Heis, Neuer Himmels-Atlas, Cöln 1872; deze bevat echter geene sterren, zuidelijker dan 35° zuider-declinatie. Van den zuidelijken hemel zijn eerst onlangs twee goede atlassen verschenen; de eene van Behrmann, getiteld: Atlas des südlichen gestirnten Himmels, Leipzig 1874, en de andere van Gould, getiteld: Uranometria Argentina, Cordoba 1877.

heeft den 10en Januari van een of ander jaar te 10 uur 12 m. 48 s. op zijn goedgeregeld horloge eene vallende ster zien voorbijgaan, vlak boven zijn hoofd, gaande Noord-Zuid, door het sterrebeeld Orion, rakende de sterren in het zwaard van dat beeld, waar zich de bekende nevelvlek van Orion bevindt, (zie fig. 599).

Fig. 599.



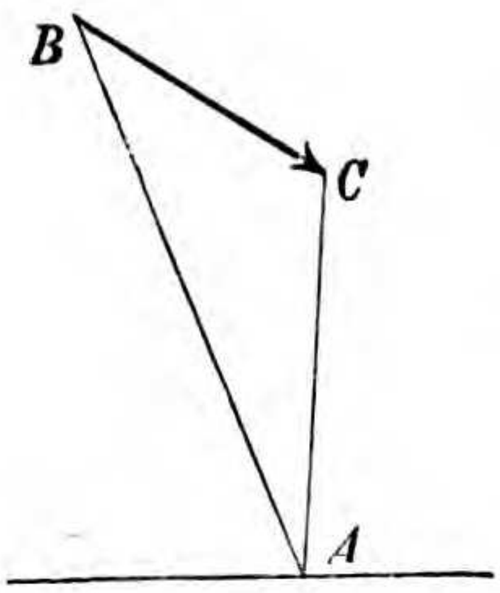
Stel, dat de bewoner van Samarang te 10^{1} 15^{m} 48^{s} op zijn horloge eene vallende ster heeft zien voorbijgaan ook van het noorden naar het zuiden, een heel eind westelijk van zijn zenith, en wel van de sterren ξ en o van den stier naar de ster η van den Vloed Eridanus; beiden hebben aangeteekend, dat de vallende ster zeer helder was en een lichtenden staart achter zich liet.

Als gij nu deze opgaven met elkander vergelijkt, dan ziet gij wel, dat er geen twijfel bestaat, of beide waarnemers hebben hetzelfde verschijnsel gezien. De opgeteekende tijden op het horloge komen overeen, want als het te Pekalongan 10^{u} 12^{m} 48^{s} is, dan is het te Samarang 10^{u} 15^{m} 48^{s}. De richting der beweging was ook voor beide waarnemers dezelfde, namelijk

van het noorden naar het zuiden. Ook het uiterlijk voorkomen was voor beide waarnemers hetzelfde. Had de een gezegd dat de vallende ster zich van het noorden naar het zuiden, de ander dat zij zich van het zuiden naar het noorden bewoog, dan zou men zeker weten dat beiden niet hetzelfde lichaam gezien hadden. Nu is daar geen twijfel aan.

Als men nu op eene sterrekaart de beide wegen vergelijkt, die de vallende ster voor de beide waarnemers schenen af te leggen, dan ziet men, dat het verschil in richting bij het verschijnen van de vallende ster omtrent 31°, bij het verdwijnen omtrent 41° was, en gij zult nu wel begrijpen dat dit de hoek is, waaronder de afstand van Pekalongan tot Samarang gezien werd uit de vallende ster. Men kan door eene eenvoudige berekening hieruit afleiden, dat de afstand van de vallende ster tot Pekalongan geweest is, toen zij zichtbaar werd 92 paal, (139 kilometers) en toen zij weder onzichtbaar werd, 63 paal (95 kilometers). Ook de lengte van den geheelen weg, dien de vallende ster doorloopen heeft, is bekend, want zij in fig. 600, A Pekalongan, $A\,B = 92$ paal, en in de richting waar de vallende ster het eerst verschenen is; $A\,C = 63$ paal en in de richting waar zij uitgedoofd is, dan ziet gij wel, dat de afstand $A\,B$ òf door teekening òf door berekening te vinden is. Men vindt er voor 41 paal. Indien nu de vallende ster eene sekunde voor die baan besteed heeft, dan heeft zij eene snelheid van 41 paal in de sekunde gehad; dit is werkelijk de snelheid van die vallende sterren. De snelste kanonskogel besteedt al licht, als hij pas uit den mond van het geschut komt, drie sekunden over den eersten paal; wij zien dus dat de snelheid, die wij in onze vooronderstelling vonden, ongeveer 120 maal sneller is; wel een bewijs genoeg dat wij niet met aardsche voorwerpen maar met een soort van hemellichamen te doen hebben.

Fig. 600.

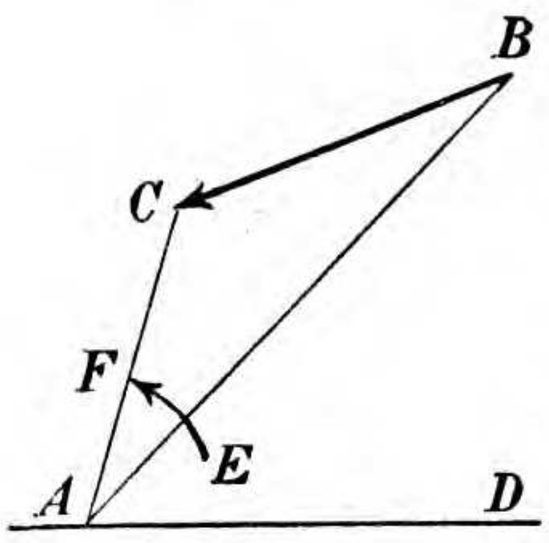


Op die wijze hebben die twee studenten, Brandes en Benzen-

berg, van een aantal vallende sterren de banen boven de aarde berekend, en na hun tijd hebben een aantal andere waarnemers in Europa, Azië en Amerika hun voorbeeld gevolgd. Deze onderzoekingen hebben tot het resultaat geleid, dat de vallende sterren zichtbaar worden op eene hoogte boven de oppervlakte der aarde, die over het algemeen kleiner is dan 180 kilometers, gemiddeld op 115 kilometers, en dat zij gemiddeld op 80 à 90 kilometers hoogte verdwijnen of onzichtbaar worden. Ik zal nu en verder alleen kilometers gebruiken; gij weet, dat één kilometer 1000 meters is; een paal is 1506,9 meters, een kilometer is dus iets minder dan $^2/_3$ paal.

Gij ziet dus, dat het eene vrij aanzienlijke hoogte is, waarop die lichamen door ons gezien worden. Het is zoo goed als zeker, dat zij altijd dalende zijn; het kan wel eens voorkomen, dat eene vallende ster schijnt te stijgen, maar dit kan ook enkel schijn zijn. Stel bijv. eens, dat zoo een vallende ster de baan BC (fig. 601) doorloopt, dat zij namelijk in B lichtend wordt en in C weer uitdooft, en dat AD de oppervlakte der aarde voorstelt, dan zult gij moeten toestemmen, dat die vallende ster werkelijk gedaald is, maar wat zal een beschouwer in A er van zeggen? Hij kan niet zien, dat de vallende ster in C dichter bij hem staat dan in B, het is voor hem evenals of zij het boogje EF doorloopen heeft; hij zal haar het eerst zien op eene hoogte van bijv. 35° boven zijnen horizon, en verder zal hij haar recht naar de hoogte zien gaan, totdat zij eene hoogte van 70° bereikt heeft. Het zal hem dus toeschijnen, dat die vallende ster gestegen is.

Fig. 601.



Om nu de waarheid van den schijn te onderscheiden is het noodig, dat er twee personen tegelijkertijd de vallende sterren waarnemen op de wijze als ik u beschreven heb, en dan blijkt het voldoende, dat zij alle gedurende het lichten de oppervlakte der aarde naderen.

§ 334.

REDEN VAN HET ZICHTBAAR WORDEN EN UITDOOVEN DER VALLENDE STERREN.

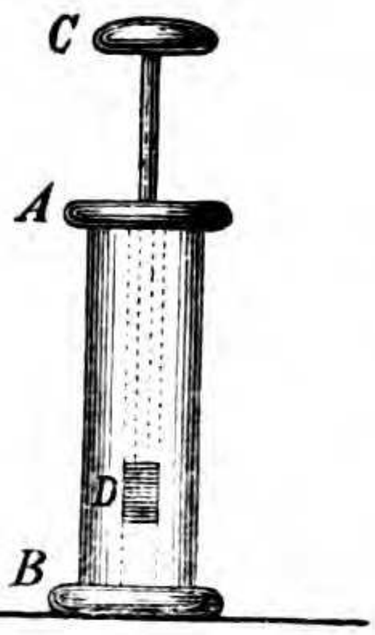
ABDULLAH. Maar mijnheer, waarom wordt zoo eene vallende ster nu op eens lichtend en dan weer op eens onzichtbaar?

DE HEER. Wel dat is tegenwoordig geen raadsel meer. Juist de opmerking, dat die vallende sterren op eens zichtbaar worden op eene bepaalde hoogte boven den grond, of, zooals men het meer wetenschappelijk uitdrukt, boven de oppervlakte der aarde, maakt, dat wij met groote waarschijnlijkheid kunnen beweren, dat de vallende sterren uit kleine vaste lichamen bestaan, die in den dampkring komende gloeiend worden, zoo zelfs, dat zij geheel verbranden en tot damp verteerd worden.

ABDULLAH. Maar mijnheer, waardoor zouden dan die lichaampjes gloeiend worden?

DE HEER. Het is eene eigenschap der lucht, die al lang bekend is, dat als zij plotseling wordt samengeperst, zij dan warm wordt. Hierop berust onder anderen een instrumentje, dat men gebruiken kan om vuur te maken. Het bestaat uit eene buis $A\,B$, fig. 602, van metaal of van glas, waarin een zuiger D, verbonden aan een stang $C\,D$, volkomen past, zoodat als de holte in de buis met lucht gevuld is, en men steekt er den zuiger in, er dan geen lucht uit kan, en het dus moeite kost den zuiger neer te drukken. Nu is er onder aan den zuiger een klein haakje, waarin men een klein stukje zwam kan steken. Indien men nu den zuiger door een harden slag op den knop C plotseling tot den bodem drijft, dan wordt de lucht in de buis zeer sterk samengeperst, en verhit zich zoo geweldig dat de zwam in brand vliegt. Haalt men den zuiger er dan onmiddellijk weer uit, dan heeft men vuur.

Fig. 602.



Hoe komt dit nu? Door den wederstand der lucht in de buis wordt de zuiger, die ik met kracht naar beneden gedreven heb, tegengehouden, zijne snelheid wordt daardoor dus verminderd; maar het gevolg daarvan is dan ook, dat de kracht, die ik aan den zuiger gegeven heb, door hem beweging mede te deelen, de zoogenaamde *levende kracht*, overgaat in warmte, die zich in de eerste plaats mededeelt aan de lucht, die den zuiger tegenhoudt.

Ik moet den zuiger met een flinken slag er in drijven, want geschiedt het langzaam, dan deelt de lucht hare warmte natuurlijk onmiddellijk aan de buis mede, en houdt dan zelve niet zooveel over, om de zwam aan te steken.

Wat gebeurt er nu, indien er van buiten een lichaampje in den dampkring komt? Dit hangt natuurlijk geheel en al af van de snelheid, waarmede het zich beweegt. Ik heb u reeds medegedeeld, dat die snelheid eenige kilometers in de sekonde bedraagt.

Nu is het natuurlijk, dat als een voorwerp zich snel door de lucht beweegt, dat voorwerp vóór zich eene verdichting en achter zich eene verdunning der lucht veroorzaakt. Nu is wel is waar op die groote hoogte de lucht buitengewoon ijl, maar de snelheid der vallende sterren is er ook buitengewoon groot, en men heeft kunnen berekenen dat, tengevolge van die buitengewone snelheid, de warmte, die ontwikkeld moet worden, nog vóór dat de dampkringslucht eene dichtheid heeft, die slechts $\frac{1}{500}$ bedraagt van hare dichtheid op de oppervlakte der aarde, reeds genoeg is om, zoo die vallende sterren lichaampjes slechts eenige centimeters omvang hebben, ze te doen gloeien en geheel in damp te doen overgaan.

§ 335.

OVER AEROLITHEN OF LUCHTSTEENEN.

Ik moet u nog iets mededeelen, waardoor gij eene bevestiging zult zien van hetgeen ik u gezegd heb. Het gebeurt nu en dan, hoewel in een en hetzelfde land niet dikwijls, dat er een steen uit de lucht op de aarde valt. Dikwijls heeft er eerst eene ontploffing plaats op groote hoogte in den dampkring, en een grootere steen springt dan in verscheidene stukken. Dit heeft plaats zoowel bij nacht als over dag; die luchtsteenen zijn altijd, als zij gevonden worden, zeer heet, en hebben bijna altijd eene donkere buitenkorst, die blijkbaar ontstaan is door smelting, althans door gloeiing. Gij ziet dus daaruit, dat het geen twijfel lijdt of die steenen kunnen door het vliegen door den geheelen dampkring zeer warm worden.

Gaan wij nu eens na, wat er gebeuren moet als een steen van de ruimte buiten den dampkring der aarde op de aarde valt met eene snelheid zooals die der vallende sterren of luchtsteenen, eene snelheid, die bij intrede in den dampkring stellig 30 tot 50 000 meters per sekunde is. Is hij klein, d. i. overal eenige centimeters in doorsnede, dan is de warmte zoo groot, dat die steen in weinige sekunden in gloeiing moet overgaan, en daarna geheel verdampen moet.

ABDULLAH. Maar mijnheer, kan een steen dan verdampen?

DE HEER. Door warmte kunnen alle lichamen in damp overgaan, sommige doen het reeds bij lage temperatuur, andere weder bij hoogere. Zwavel verdampt zeer licht, kwik moeilijker, maar toch als het kookt zeer spoedig; van de metalen, die gij wel kent, verdampt zink dadelijk als het in het vuur geworpen wordt; koper minder schielijk, ijzer in onze vuren niet, maar toch, zooals ik u reeds heb medegedeeld, is het zeker, dat er in den dampkring der zon zeer veel ijzerdamp aanwezig is. Goud en platina zijn zeer moeilijk smeltbare metalen en toch kan men een dunnen goud- of platinadraad zeer licht

door een elektrischen stroom laten gloeien totdat hij verdampt.

Is nu de vallende steen grooter, dan kan het gebeuren, dat hij, als hij reeds in gloeienden toestand geraakt is, uit elkander spat, doch zóó, dat elk stuk dan toch nog voortgaat te gloeien en geheel te verbranden. In deze gevallen heeft het verschijnsel veel overeenkomst met zeker soort van vuurwerk, en wordt dan, evenals dat vuurwerk, een *vuurbal* genoemd.

Is de vallende steen nog grooter, dan komt het er niet toe, dat hij geheel verdampt, maar hij wordt dan toch wel warm en smelt aan de oppervlakte en komt dan gloeiend of althans heet op den grond. Soms gebeurt het, dat hij door den geweldigen tegenstand van de lucht in stukken springt, hetgeen dan van een of meer harde knallen vergezeld is, die men uren ver hooren kan. Dan worden er dikwijls een aantal stukken van dien steen gevonden.

ABDULLAH. Maar mijnheer, zijn die steenen dezelfde als die hier op Java voorkomen?

DE HEER. Neen, de *luchtsteenen* of zooals men ze meer algemeen noemt *meteoorsteenen* of nog liever *meteorieten*, kan een kenner dadelijk onderscheiden van een aardschen steen. Toch is de samenstelling der meteorieten niet altijd hetzelfde. Er zijn er, die bijna geheel uit ijzer bestaan; andere, die gedeeltelijk uit ijzer, gedeeltelijk uit steen, andere, die geheel uit steen bestaan. Merkwaardigerwijze hebben de scheikundigen in die meteorieten geene enkele enkelvoudige stof aangetroffen, die op de aarde niet voorkomt.

ABDULLAH. Maar mijnheer, zijn de vallende sterren nu ook dergelijke lichamen en waaruit bestaan die dan?

DE HEER. De vallende sterren hebben dit met die meteorieten gemeen, dat zij uit de wereldruimte op de aarde vallen, maar voor verdere overeenkomst hebben wij geene zekerheid. Vallende sterren ziet men elken nacht, mits het maar helder weder is; de grootere meteorieten komen altijd slechts zelden voor. Die meteorieten heeft men dikwijls gevonden en ze ook scheikundig ontleed; wat daarentegen de vallende sterren aan-

gaat, nog nooit heeft iemand eene vallende ster voor zich zien vallen, zoodat hij haar heeft kunnen oprapen. Men is dus nog in het onzekere, uit welke stoffen zij bestaan; het eenige, dat men heeft kunnen doen, is, ze gedurende den korten tijd, dien ze zichtbaar zijn, te beschouwen met een kleinen spektroskoop, dien men in de hand kan houden, ten einde te onderzoeken of er zich ook strepen in het spektrum voordoen, dat zij vertoonen. Op die wijs hebben enkele waarnemers meenen te zien, dat er natrium, het metaal uit het keuken- of zeezout, in voorkomt, maar verder heeft men het niet kunnen brengen.

---

§ 336.

REGELMATIGE TERUGKEER VAN SOMMIGE VALLENDE STERREN-REGENS.

ABDULLAH. Maar mijnheer, weet men er dan niets verder van?

DE HEER. Ja zeker, en hetgeen men er van weet, weet men alleen, doordat men ze aanhoudend heeft waargenomen. Dat is altijd het eerste, dat men doen moet, om een natuurverschijnsel te leeren kennen; men moet het getrouw en aanhoudend waarnemen, en alles wat men opmerkt, onbevooroordeeld opschrijven. Er zijn vele voorbeelden te noemen, dat dit gedaan is, ten opzichte van verschijnselen, die in den beginne niet veel schoone resultaten beloofden, en dat ten slotte werkelijk die resultaten verkregen zijn.

Zoo is het nu met de vallende sterren ook gegaan. Eerst scheen het alsof de tijden, waarop zij verschenen, geheel onregelmatig waren, en alsof de banen die zij aan den hemel doorliepen, ook zonder eenige regelmaat door elkander lagen; maar door getrouw de vallende sterren waar te nemen, is het gebleken dat er wel degelijk regelmaat in het verschijnen der vallende sterren valt op te merken, en dat de banen niet altijd zoo geheel willekeurig door elkander liggen.

op welke dagen duizenden jaren geleden diezelfde groep vallende sterren de aarde moet ontmoet hebben, dan moeten wij hierop wel letten.

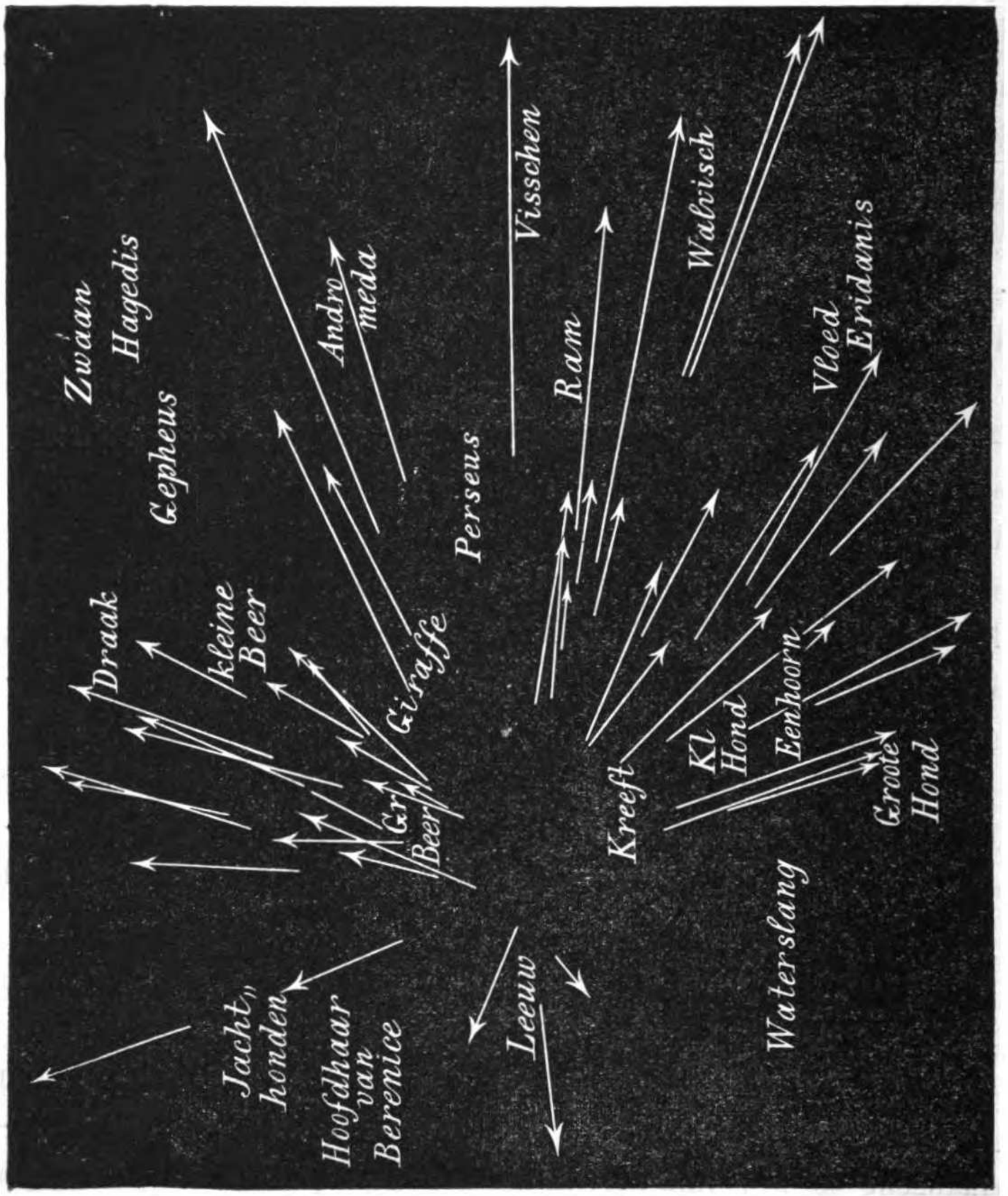
---

§ 337.

OVER DE UITSTRALINGSPUNTEN. WAT ZIJ ONS LEEREN.

Behalve nu die geregelde wederkeer was er in de banen,

Fig. 603.

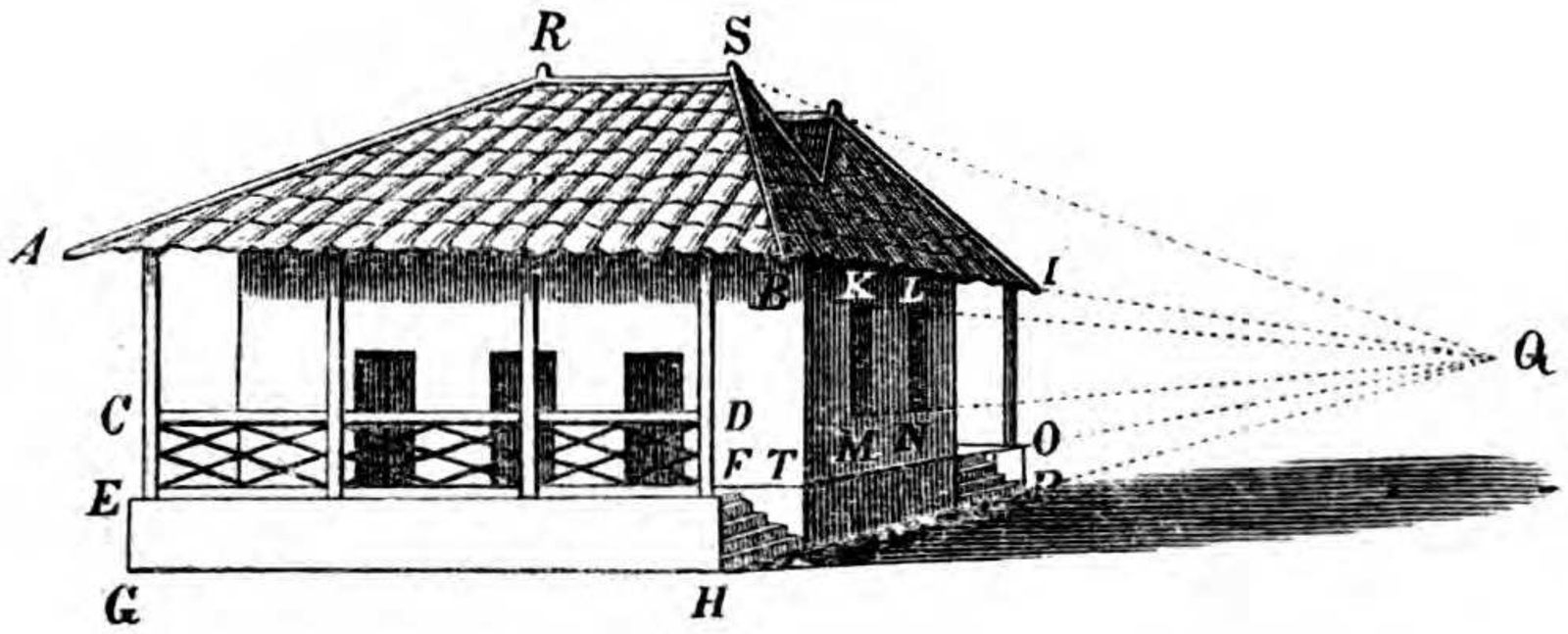


die de vallende sterren aan den hemel doorliepen, nog een ander verschijnsel op te merken; bepaaldelijk in die der vallende sterren, die op vaste dagen, zooals om en op den 12^en^ November en van 12 tot 14 Augustus gezien worden. Bij den prachtigen vallende-sterren-regen van 1833 is het het eerst opgemerkt. Dit verschijnsel is, dat, als men de banen op een hemelglobe of op eene sterrekaart afteekent, en ze achteruit verlengt, die verlengden dan in één punt schijnen samen te komen, of met andere woorden, dat de op gezette dagen terugkeerende vallende sterren banen doorloopen, die uit één punt of althans eene kleine plek aan den hemel schijnen uit te stralen. In fig. 603 ziet gij hiervan een voorbeeld. De pijltjes stellen de banen van eenige vallende sterren voor, die den 13^en^ November 1866 te Greenwich gezien zijn. Gij ziet wel, dat zij nagenoeg uit één punt schijnen uit te stralen, dat in het sterrebeeld de Leeuw ligt.

Wat is hiervan nu de verklaring? Dat is niet moeielijk in te zien. Het is in de teekenkunde eene bekende zaak, dat lijnen, die in de natuur evenwijdig loopen, in de teekening of ook evenwijdig loopen, of in één punt samenkomen.

Zie bijv., fig. 604, de teekening van een huis uit de

Fig. 604.



schuinte gezien. De lijnen AB, CD, EF en GH, loopen in de natuur evenwijdig; het zijn de rand van het dak, de bovenbalk van de balustrade op de voorgalerij, de voorzijde van den vloer van de voorgalerij en de onderzijde van de voor-

op welke dagen duizenden jaren geleden diezelfde groep vallende sterren de aarde moet ontmoet hebben, dan moeten wij hierop wel letten.

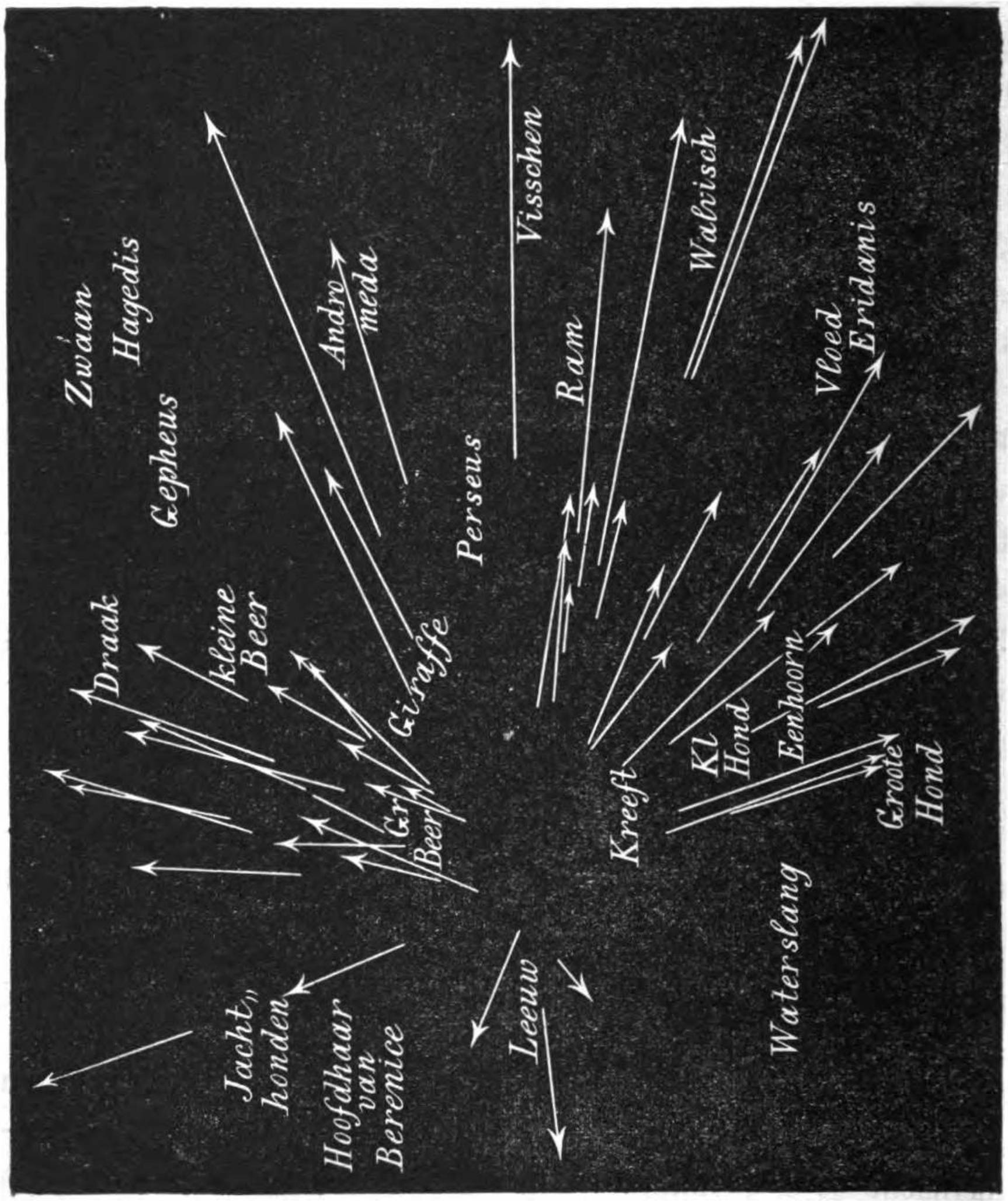
---

§ 337.

OVER DE UITSTRALINGSPUNTEN. WAT ZIJ ONS LEEREN.

Behalve nu die geregelde wederkeer was er in de banen,

Fig. 603.

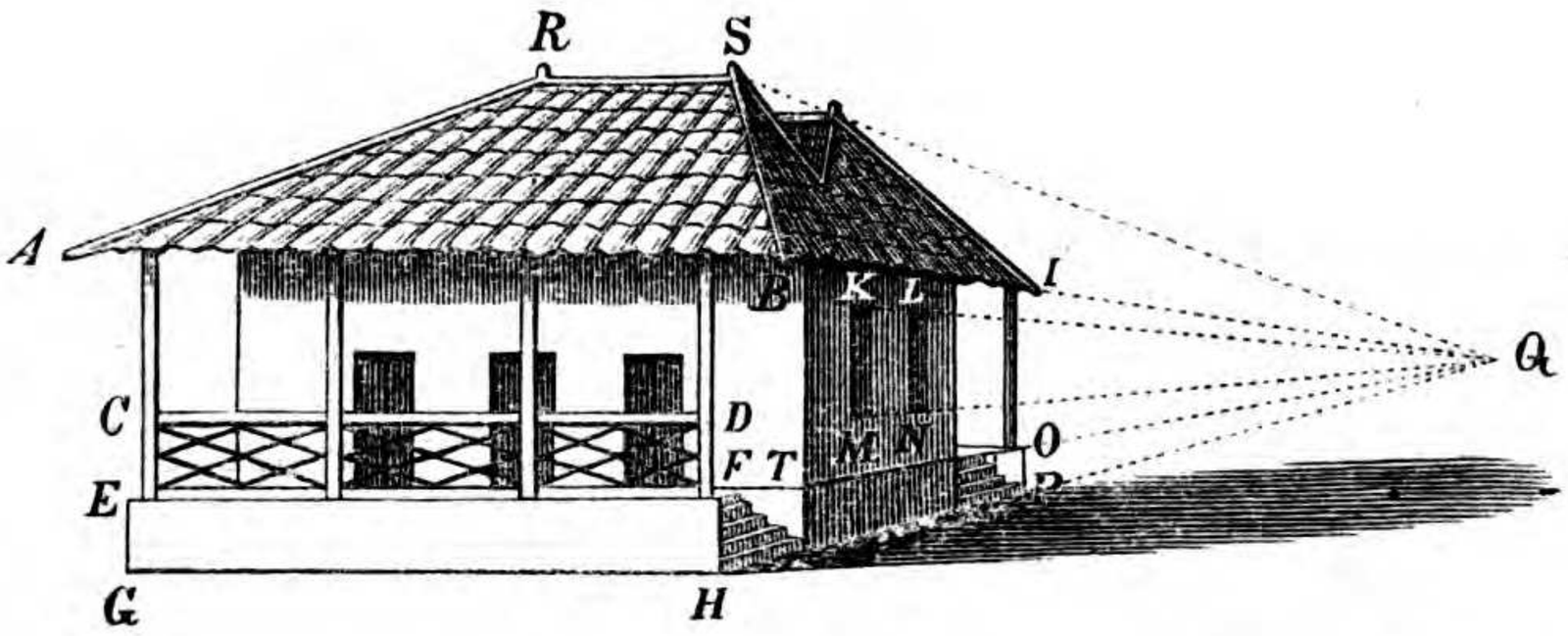


die de vallende sterren aan den hemel doorliepen, nog een ander verschijnsel op te merken; bepaaldelijk in die der vallende sterren, die op vaste dagen, zooals om en op den 12^en^ November en van 12 tot 14 Augustus gezien worden. Bij den prachtigen vallende-sterren-regen van 1833 is het het eerst opgemerkt. Dit verschijnsel is, dat, als men de banen op een hemelglobe of op eene sterrekaart afteekent, en ze achteruit verlengt, die verlengden dan in één punt schijnen samen te komen, of met andere woorden, dat de op gezette dagen terugkeerende vallende sterren banen doorloopen, die uit één punt of althans eene kleine plek aan den hemel schijnen uit te stralen. In fig. 603 ziet gij hiervan een voorbeeld. De pijltjes stellen de banen van eenige vallende sterren voor, die den 13^en^ November 1866 te Greenwich gezien zijn. Gij ziet wel, dat zij nagenoeg uit één punt schijnen uit te stralen, dat in het sterrebeeld de Leeuw ligt.

Wat is hiervan nu de verklaring? Dat is niet moeielijk in te zien. Het is in de teekenkunde eene bekende zaak, dat lijnen, die in de natuur evenwijdig loopen, in de teekening of ook evenwijdig loopen, of in één punt samenkomen.

Zie bijv., fig. 604, de teekening van een huis uit de

Fig. 604.



schuinte gezien. De lijnen AB, CD, EF en GH, loopen in de natuur evenwijdig; het zijn de rand van het dak, de bovenbalk van de balustrade op de voorgalerij, de voorzijde van den vloer van de voorgalerij en de onderzijde van de voor-

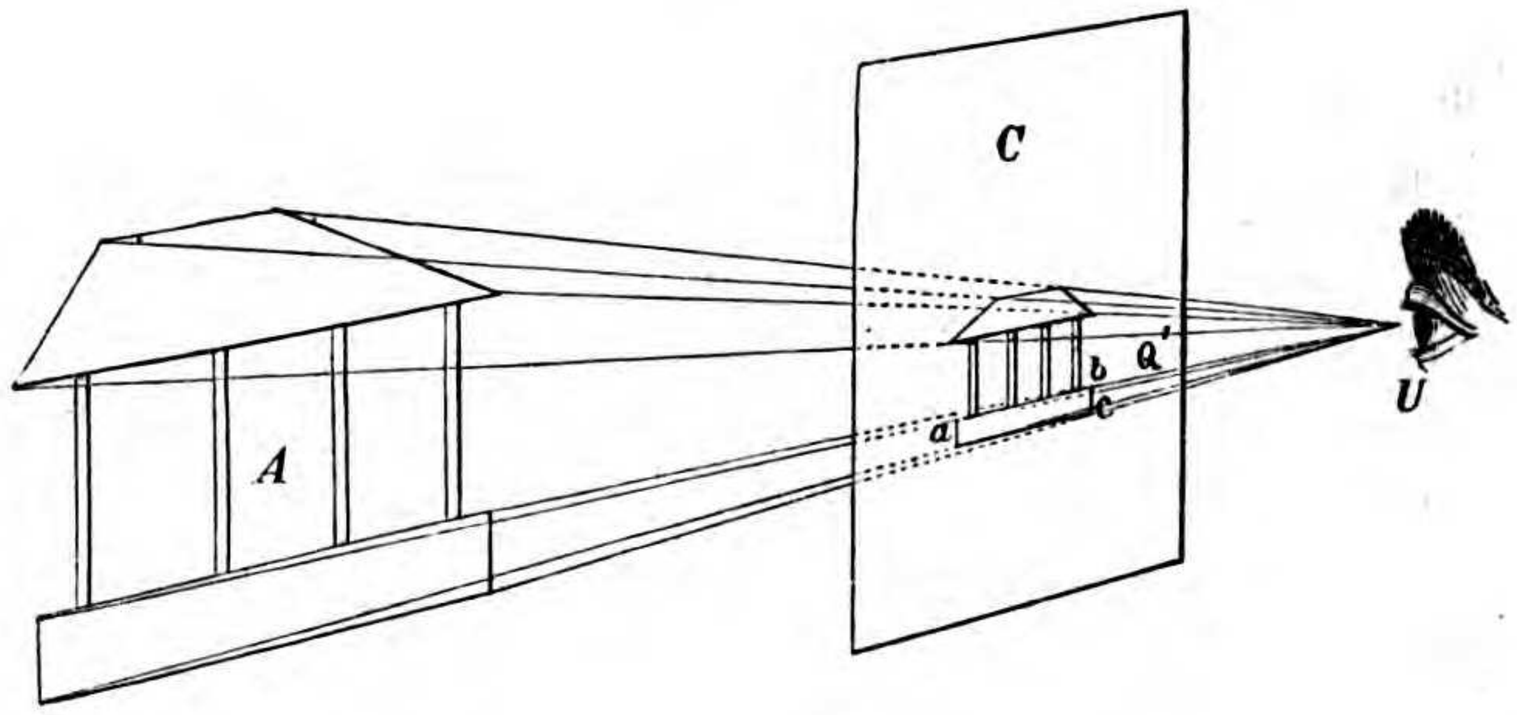
muur onder de galerij; deze lijnen nu loopen ook in de teekening evenwijdig.

De lijnen BI, KL, MN, TO en HP daarentegen loopen in de natuur ook evenwijdig, maar op de teekening komen zij in een punt Q te zamen.

Om u het verschil duidelijk te maken, welke lijnen evenwijdig en welke lijnen naar een punt toeloopend moeten geteekend worden, moet gij u eerst een goed denkbeeld weten te vormen van de beteekenis van eene teekening.

Als gij een landschap of ander gezicht afteekent, wat doet gij dan eigenlijk? Ik vooronderstel, dat uwe teekening op een vel papier, dus op een plat vlak, gemaakt wordt. Gij beeldt op dat papier het landschap af, d. i. gij maakt er omtrekken op, die als gij de teekening goed voor uw oog houdt, denzelfden indruk in uw oog maken als het landschap. Stel nu fig. 605, dat

Fig. 605.



A een huis is, dat gij wilt afteekenen, en U de plaats van het oog voorstelt; zij nu C eene glasruit, waar gij doorheen ziet, en die gij evenzoo voor uw oog houdt als gij uwe teekening wilt doen; indien gij dan uw oog in U stilhoudt, en op die ruit al de punten aanteekent, waar gij al de punten R, S, A, B, C, D, enz. van het huis (zie de vorige figuur) ziet, dan verkrijgt gij op de ruit den omtrek van de teekening van het huis.

In de natuur loopen de lijnen BI en HP (fig. 604) evenwijdig, in fig. 605 zijn deze lijnen natuurlijk niet te zien; stel

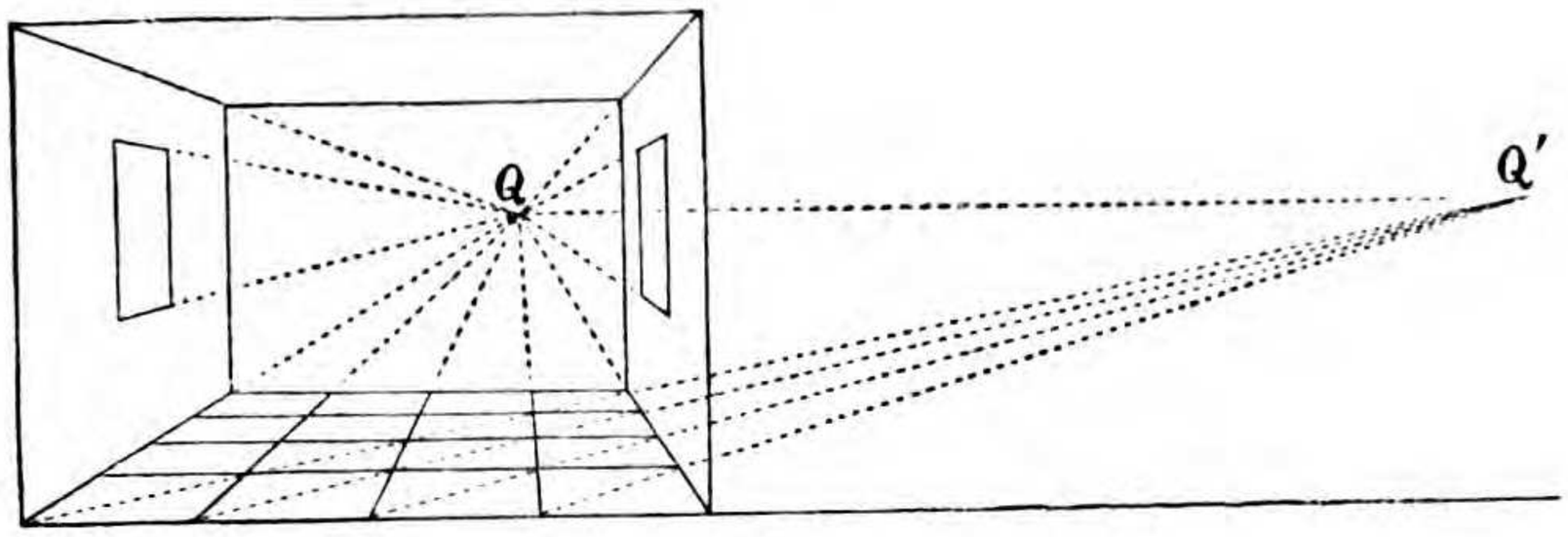
nu, dat ik uit mijn oog U eene lijn trek, in dezelfde richting als die twee lijnen, dus ook daaraan evenwijdig, dan ontmoet die lijn de glasplaat in het punt Q. Zijn de bedoelde lijnen horizontaal, even als die, welke wij nu beschouwen, dan is de lijn UQ, (die van het oog U naar Q loopt,) ook horizontaal, en Q ligt dus altijd even hoog als het oog, maar meer ter rechter- of ter linkerzijde, naar gelang van de richting der bedoelde lijnen.

Stel nu eens dat ik door de lijn UQ van fig. 605 en de lijn HP van fig. 604 een vlak laat gaan, dan zal de snijding van dat vlak met de glasruit, het afbeeldsel van de lijn HP moeten zijn, maar dat vlak gaat ook door het punt Q; gij ziet dus, dat de lijn, die het afbeeldsel van HP is, door het punt Q moet gaan, zooals ook in fig. 604 het geval is.

Maar hetzelfde is het geval met de afbeeldsels van de lijnen BI, KL, MN, HP, enz.; derhalve al deze lijnen gaan verlengd door het punt Q.

Hetzelfde is het geval met eene kamer, zie fig. 606. Al de

Fig. 606.



lijnen, die hier de balken der zoldering, de vensters aan de zijden, en de vloersteenen, in de richting der gezichtslijn, begrenzen, loopen in de natuur evenwijdig en komen dus in de teekening in één punt Q zamen. Evenzoo loopen de schuine lijnen of *diagonalen*, die de tegenovergestelde punten der vloersteenen verbinden en die in de figuur getrokken zijn, evenwijdig, daarom moeten zij ook in de figuur in één punt Q' samenkomen.

Nu is het dus wel duidelijk, wàt wij er uit moeten afleiden,

als wij een aantal vallende sterren op een bepaalden avond banen aan den hemel zien doorloopen, die uit één punt schijnen uiteen te loopen; namelijk dit, *dat de richtingen van de beweging dier vallende sterren*, in de laatste oogenblikken voor hare intrede in den dampkring der aarde, *in de natuur evenwijdig zijn.*

Ik moet er u nog bij vertellen, dat het punt, waaruit de vallende sterren van November schijnen uit te stralen, in het sterrebeeld de Leeuw ligt, daarom noemt men die vallende sterren wel eens de *Leoniden.* De vallende sterren daarentegen, die van 8 tot 12 Augustus veel gezien worden, schijnen daarentegen uit het sterrebeeld Perseus uit te stralen, en heeten daarom de *Perseïden.* Ook noemt men ze wel eens den *Laurentius*-stroom, omdat in de Roomsch-Catholieke Kerk op den 10^{en} Augustus de nagedachtenis gevierd wordt van den in die Kerk tot heilige verklaarden Laurentius.

---

§ 338.

STELLINGEN VAN PROF. H. A. NEWTON.

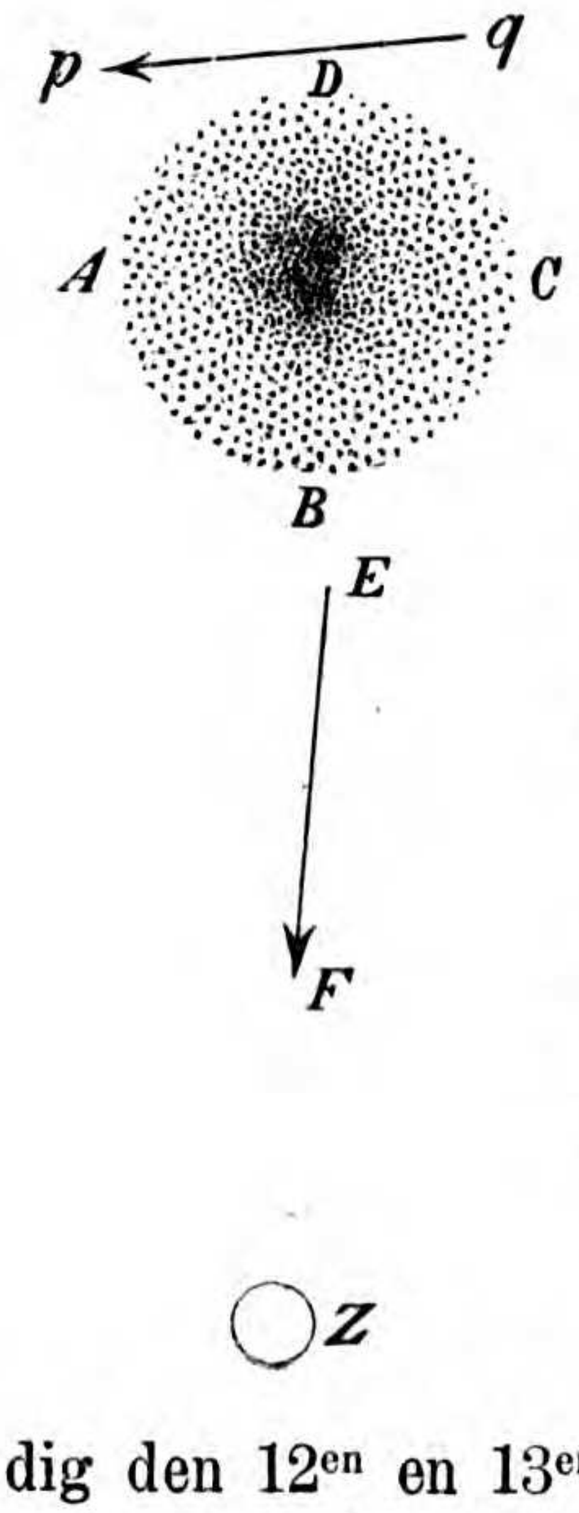
De vallende sterren maken dus eene soort van zwerm uit van lichaampjes, die alle in dezelfde richting zich door de ruimte voortbewegen. Maar zulke lichaampjes zullen noodzakelijk onderworpen moeten zijn aan de aantrekkingskracht der zon en ieder van hen moet dus om de zon eene loopbaan beschrijven even goed als de planeten en kometen.

Laat nu $A\,B\,C\,D$, (fig. 607) eens zoo een zwerm lichaampjes voorstellen, die op een bepaald oogenblik ééne en dezelfde snelheid hebben in de richting van het pijltje $p\,q$. Laat de zon Z op grooten afstand in de richting $E\,F$ zijn, wat zal er dan met dien zwerm lichaampjes gebeuren?

Het antwoord hierop is niet moeilijk te geven. De lichaampjes, die het verst van de zon zijn, zooals D, zullen het

zwakst door de zon worden aangetrokken, en dus een wijdere loopbaan beschrijven dan de lichaampjes, zooals *B*, die het meest nabij de zon zijn. De omloopstijd van de verafgelegene *D* zal dus ook grooter zijn dan die van de meer nabijgelegene *B*. Al vrij spoedig zal dus de zwerm in de lengte uitrekken; evenals de paarden in eene renbaan in het begin naast elkander, maar later achter elkander loopen, zoo zal het met die lichaampjes ook zijn.

Fig. 607.



Prof. Newton kwam dus nog vóór het jaar 1866 tot het besluit: 1°. dat de zwerm kleine lichaampjes, die de vallende-sterren-regens op en nabij den 12ᵉⁿ November veroorzaakt, in eene gesloten baan om de zon loopt, die de loopbaan der aarde in het punt snijdt, waar zij zich tegenwoordig den 12ᵉⁿ en 13ᵉⁿ November bevindt;

2°. dat de zwerm van kleine lichaampjes niet gelijkmatig langs hunne loopbaan verstrooid is, maar een soort van wolk vormt, die langs $\frac{1}{15}$ gedeelte van den omtrek is uitgerekt;

3°. Dat de aarde het midden van dit gedeelte gemiddeld alle $33\frac{1}{4}$ jaar ontmoet. In andere jaren heeft de eigenlijke zwerm het kruispunt der beide loopbanen nog niet of reeds sedert eenigen tijd bereikt, en een groote vallende-sterren-regen kan slechts plaats grijpen als de aarde en de zwerm tegelijkertijd in het kruispunt aankomen. In 1799 en 1833 gebeurde dit, toen het in Noord-Amerika nacht was, in Europa was het reeds morgen; in den nacht zelf had niemand aldaar bijzonder veel vallende sterren, althans niet zoo een regen opgemerkt als Humboldt en Olmstedt in Amerika zagen. De ontmoeting van de aarde met dien zwerm duurde dus slechts eenige weinige uren, en het is gebleken, dat dit in 1866 ook het geval was. Immers uit de aantallen vallende sterren, die ik u opgenoemd

heb, ziet gij wel, dat het verschijnsel zijn hoogste punt tusschen 1 en 2 uur 's nachts te Greenwich bereikt heeft, en eenige uren vroeger en later niet buitengewoon was.

---

§ 339.

DE LOOPBAAN DER VALLENDE STERREN VAN AUGUSTUS. HOE SCHIAPARELLI DE SNELHEID DER VALLENDE STERREN VOND.

ABDULLAH. Maar mijnheer, dat is zeker zeer mooi bedacht, maar heeft men ook kunnen nagaan, welk eene baan die zwerm dan beschrijft?

DE HEER. Het zou voor een sterrekundige niet moeilijk na te gaan zijn, welke loopbaan eene vallende ster tot aan hare ontmoeting met de aarde, gevolgd heeft, als hij maar wist, welke snelheid zij had. Want de richting der beweging is wel uit waarnemingen uit twee plaatsen te vinden, die eenige palen van elkander liggen, zooals ik u reeds uitgelegd heb; en bovendien, zooals ik u ook reeds gezegd heb, als een aantal vallende sterren uit een punt schijnen uit te stralen, dan wijst dat uitstralingspunt aan uit welke richting zij komen, derhalve weten wij ook in welke richting de vallende ster, ja de geheele zwerm, waartoe zij behoort, zijnen loop zou vervolgd hebben als hij de aarde niet ontmoet had.

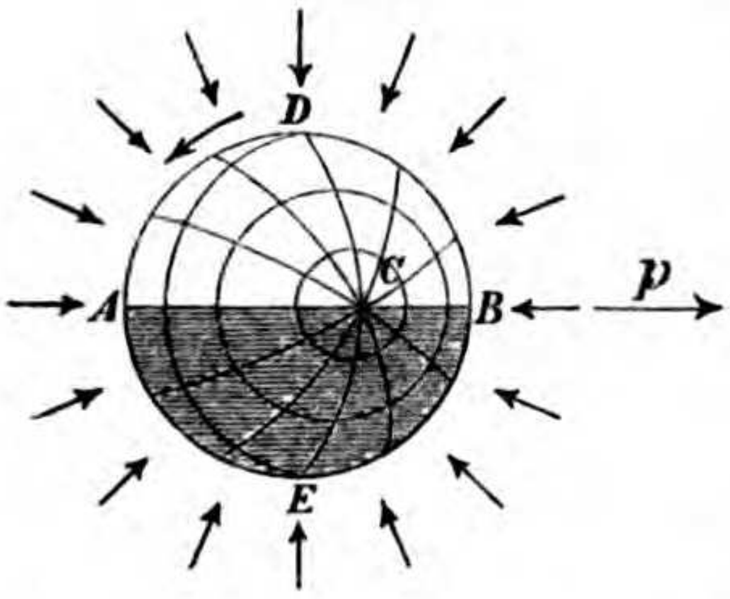
Nu is die snelheid wel eenigszins af te leiden op de wijze, die ik u vroeger heb uitgelegd, namelijk doordien twee waarnemers, op twee plaatsen, die eenige palen van elkander gelegen zijn, tegelijkertijd dezelfde vallende ster waarnemen; maar ten eerste is het zeer moeielijk juist aan te geven, hoe lang eene vallende ster zichtbaar geweest is, en ten tweede heeft de weerstand der lucht altijd de snelheid der vallende sterren al eenigszins verminderd.

Er moet dus eene andere handelwijze uitgedacht worden,

om de gemiddelde snelheid der vallende sterren te vinden. Die methode werd gevonden door Schiaparelli, een der meest beroemde Italiaansche sterrekundigen van den tegenwoordigen tijd. Zie eens hier hoe hij redeneerde.

Zij $A\,B$, fig. 608, de aarde, de eene helft door de zon verlicht, de andere helft in het donker. Zij p de richting der beweging om de zon. Het punt C is de noordpool. Kunt gij nu zien voor welken tijd van het jaar deze stand geldt?

Fig. 608.



ABDULLAH. Wel mijnheer, het moet een der nachteveningen zijn, want de pool is juist op de afscheiding tusschen licht en donker. En als de aarde in de richting van die pijl p voortgaat, maar om de zon loopt, dan moet zij linksom gaan, en dan komt de noordpool van de zon afgekeerd; de aarde gaat dus den winter voor het noorderhalfrond te gemoet, en ik gis dus, dat het de stand voor den 22^{en} September is.

DE HEER. Juist zoo; maar voor hetgeen ik u wilde uitleggen komt het er eigenlijk nu niet op aan, welke dag van het jaar het is.

Laten wij ons nu eens voorstellen, dat er in de wereldruimte, waardoor de aarde zich beweegt, een aantal van die lichaampjes aanwezig zijn, zooals wij nu weten, dat de vallende sterren zijn. Laten wij eerst aannemen, dat die lichaampjes in rust zijn, en dat de aarde er doorheen gaat, evenals een kanonskogel, dien men door een zwerm muskieten schoot. Wat zou er dan gebeuren?

Natuurlijk zal alleen de voorste helft $E\,B\,D$ de vallende sterren opvangen, en wel van die voorste helft het voorste gedeelte B het meest; de achterste helft $E\,A\,D$ zou er niets van merken. Van die voorste helft heeft het gedeelte $B\,D$ reeds dag; het gedeelte $E\,B$ daarentegen heeft nog nacht; beschouwen wij nu alleen die plaatsen, die ver van de pool (dus dicht bij

de evennachtslijn) liggen, dan merken wij op, dat het in E tegen middernacht en in B tegen zonsopgang is.

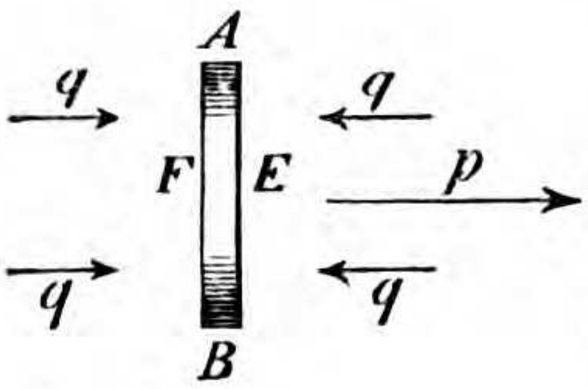
Als nu de vallende sterren lichaampjes zijn, die in de ruimte zweven zonder eene eigen beweging te hebben, dan moet men, in streken niet ver van de evennachtslijn gelegen, dus zooals Nederlandsch Indië, geene vallende sterren zien vóór middernacht: dan, d. i. te middernacht, moeten zij beginnen en tegen de opkomst der zon moeten zij hoe langer hoe talrijker worden. Na zons-opgang zien wij natuurlijk geene vallende sterren meer.

Is dit nu zoo of niet? Blijkbaar neen! Wel heeft men opgemerkt, dat er tegen zonsopgang meer vallende sterren zijn dan in den voornacht, maar niet, dat er vóór middernacht geene vallende sterren zouden zijn; er zijn er dan wel, maar per uur niet zooveel als na middernacht.

Wij zien dus, dat onze onderstelling, dat die lichaampjes in rust waren, niet deugde. Die lichaampjes moeten zich dus bewegen, en wel in alle richtingen, want men ziet vallende sterren in alle richtingen aan den hemel. Maar gij zult zelf wel inzien, dat hoe grooter de snelheid der lichaampjes is, hoe meer er op de helft $A\,E$, d. i. hoe meer er vóór middernacht op de aarde vallen. Ja, als men precies weet hoeveel, gemiddeld door een geheel jaar, er elk uur gezien worden, dan is het mogelijk, de gemiddelde snelheid der bedoelde lichaampjes te berekenen.

Neemt men in acht, dat die aarde een bol is, en dat die lichaampjes van alle kanten komen, dan is het een vrij moeielijk voorstel, maar om het u duidelijk te maken, hoe de berekening bedoeld wordt, zal ik eens aannemen, dat er in plaats van de aarde, eene eenvoudige schijf $A\,B$ (fig. 609) (die wij in de figuur op haar kant zien), zich in de richting van de pijl p beweegt, en dat de lichaampjes, waarvan wij spreken, in de richting van de pijl-

Fig. 609.



tjes q zich bewegen, dus in dezelfde en in eene tegenovergestelde richting van de beweging der schijf. Nu ziet gij wel, 1°. dat de voorkant E de meeste vallende sterren ontmoeten zal; 2°. dat de achterkant F er alleen dàn getroffen zal worden door vallende sterren, als de beweging der lichaampjes sneller is dan die der schijf.

Maar bij eenig nadenken zult gij al spoedig zien, dat als men de snelheid kent èn van de schijf èn van de lichaampjes, het gemakkelijk te berekenen is, hoeveel maal meer vallende sterren aan den voor- dan aan den achterkant der schijf ontmoet worden. Want aan de voorzijde gaat de schijf de vallende sterren te gemoet, natuurlijk met eene snelheid, die uitgedrukt kan worden door de snelheid van de schijf *plus* de snelheid der lichaampjes; aan de achterzijde echter ontvliedt de schijf de lichaampjes, en wel met eene snelheid, die uitgedrukt kan worden door de snelheid der schijf *verminderd* met de snelheid der lichaampjes. Het aantal lichaampjes, dat de schijf aan den voor- en achterkant ontmoet, zijn natuurlijk evenredig aan die snelheden, en gij ziet dus, dat die berekening gemakkelijk te maken is.

Bijvoorbeeld: Stel, dat de schijf eene snelheid heeft van 10 meters in de sekonde, de lichaampjes eene snelheid van 24 meters in de sekonde, dan zullen de hoeveelheden lichaampjes, die de schijf aan de voor- en aan de achterzijde bereiken, tot elkander staan als 34 tot 14, dus als $2\frac{3}{7}$ tot 1.

Indien omgekeerd deze verhouding bekend is, dan kan even goed de verhouding der snelheden van de schijf en de lichaampjes gevonden worden. Indien bijvoorbeeld bekend is, dat aan de voorvlakte der schijf $2\frac{3}{7}$ maal meer lichaampjes ontmoet worden dan aan de achtervlakte, en men vraagt, wat is de verhouding der snelheden, dan is de berekening eenvoudig aldus: noem de snelheid der lichaampjes S, en die der schijf s, dan is de som der snelheden $S + s$, en het verschil der snelheden $S - s$, en nu is bekend, dat die som $S + s$ $2\frac{3}{7}$ maal grooter is dan het verschil $S - s$. Men schrijft dit aldus:

$$S + s = 2\tfrac{3}{7} \times (S - s).$$

Maar men kan de vermenigvuldiging, die hier is aangeduid, ook uitvoeren, en dan heeft men:

$$S + s = 2\tfrac{3}{7}\ S - 2\tfrac{3}{7}\ s.$$

Trek nu eens in uwe gedachte aan beide zijden van het gelijkteeken S er af, dan verkrijgt gij:

$$s = 1\tfrac{3}{7}\ S - 2\tfrac{3}{7}\ s.$$

Tel nu eens aan beide zijden $2\tfrac{3}{7}\ s$ op, dan wordt het

$$3\tfrac{3}{7}\ s = 1\tfrac{3}{7}\ S \text{ of } \tfrac{24}{7}\ s = \tfrac{10}{7}\ S.$$

Vermenigvuldig nu beide deze grootheden met $\frac{7}{10}$, dan verkrijgt gij:

$$\tfrac{24}{10}\ s = S \text{ of } 2\tfrac{2}{5}\ s = S$$

of met andere woorden: de snelheid der lichaampjes is $2\frac{2}{5}$ maal de snelheid der schijf, zooals ook het geval is, want 24 meter is $2\frac{2}{5}$ maal 10 meters.

Nu waren er, toen Schiaparelli dit onderzoek deed, reeds langen tijd personen geweest, die eenige jaren achtereen, telkens als het helder was, de vallende sterren hadden waargenomen. Uit de aanteekeningen van die waarnemers kon Schiaparelli afleiden hoeveel vallende sterren per uur er gemiddeld het geheele jaar door werden waargenomen, en wel:

van 6 tot 7 uur des avonds,
„ 7 „ 8 „ „ „ ,
„ 8 „ 9 „ „ „ ,

en zoo voorts tot het laatste uur van den nacht toe.

Ik heb u reeds gezegd, dat het vraagstuk, zooals Schiaparelli het moest oplossen, lang zoo gemakkelijk niet was als hetgeen ik met u heb besproken. De aarde is geene platte schijf, maar een bol, en de vallende sterren hebben niet allen eene beweging evenwijdig aan die der aarde en daaraan tegenovergesteld, maar zij bewegen zich in alle mogelijke richtingen.

Niettemin maakte dit geen bezwaar, en Schiaparelli kon uit die aanteekeningen zeer goed vinden, dat de snelheid der vallende sterren bijna anderhalf maal zoo groot was als die der aarde, (nauwkeuriger 1,45 maal).

---

§ 340.

HOE HIJ VERDER DE LOOPBAAN BEREKENDE. HOE DE SOORT VAN LOOPBAAN AFHANGT VAN DE SNELHEID DER BEWEGING. 1e GEVAL. DE RICHTING DER BEWEGING IS LOODRECHT OP DEN VOERSTRAAL.

Nu eerst kon hij aan het berekenen der loopbaan van de Augustus- en van de November-vallende-sterren gaan. Maar er was één bezwaar. Stel u eens voor: de zon, en eene planeet of een ander lichaam dat om de zon loopt. Dan weet gij, dat de loopbaan, die dat lichaam om de zon beschrijft, moet zijn eene min of meer langwerpige ellips, of eene parabool, of eene hyperbool, waarvan de asymptoten eenen min of meer scherpen hoek met elkander maken. Gij weet nu ook, dat die parabool niets anders is dan de overgang van de ellipsen tot de hyperbolen.

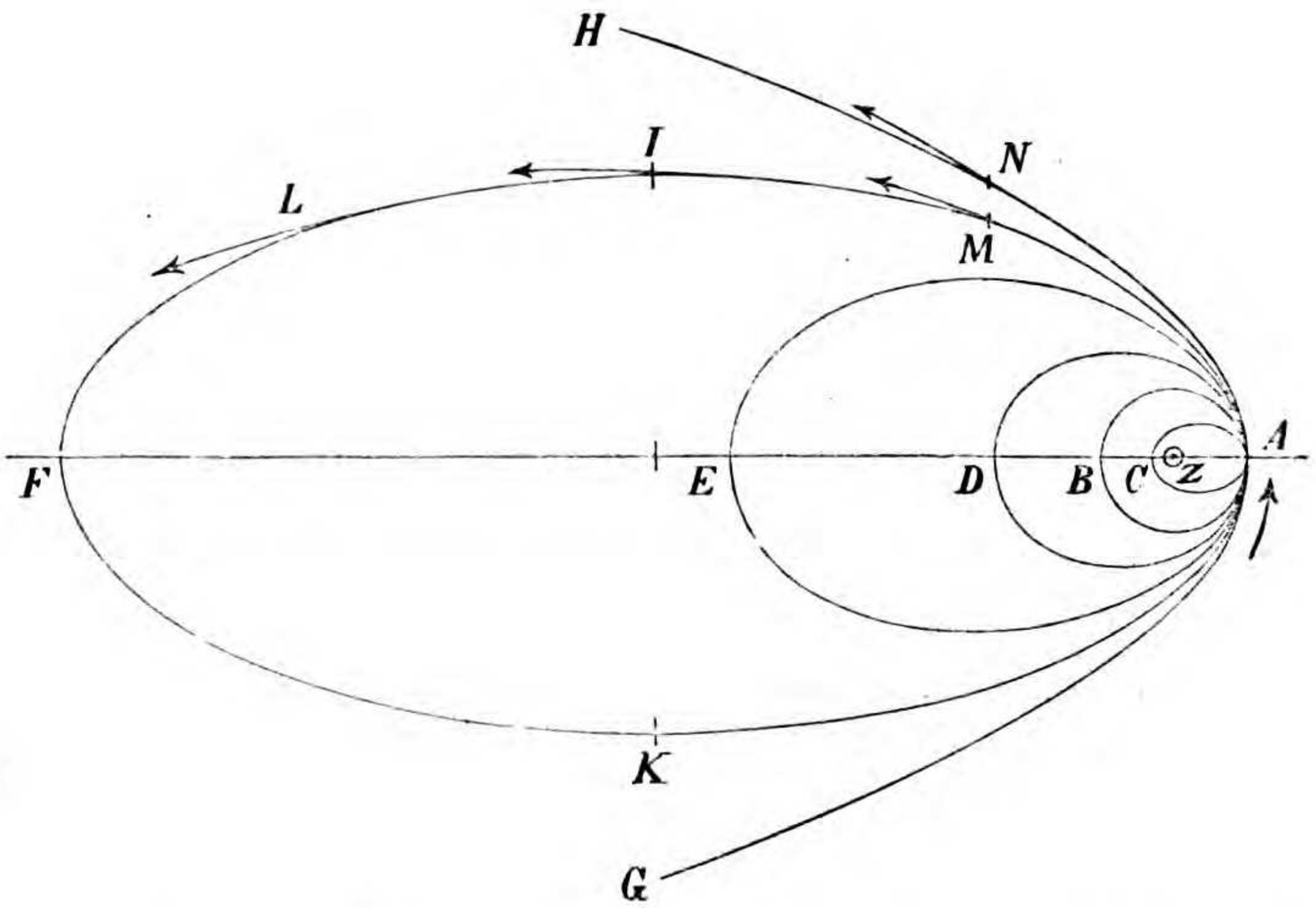
Het is ook mogelijk, dat het lichaam zich in een cirkel beweegt, maar dien cirkel kan men tot de ellipsen tellen. De beweging in een cirkel heeft echter een eigenschap, die de beweging in eene ellips niet heeft, nl. dat de beweging altijd rechthoekig op den voerstraal, d. i. op de lijn is, die men van het lichaam naar de zon getrokken kan denken.

Nu heeft het onderzoek van de beweging der planeten eene merkwaardige bijzonderheid geleerd. Indien gij u eens voorstelt eene planeet, die om de zon in een cirkel loopt, dan is de snelheid van die planeet altijd dezelfde, en juist *die* snelheid moet die planeet bezitten, om in een cirkel om de zon

te loopen. Wat zou er nu gebeuren als die planeet eens eene kleinere of grootere snelheid had?

Zij in fig. 610 de planeet in A, de zon in Z, $A\,B$ de cir-

Fig. 610.



vormige loopbaan, waarvan wij gesproken hebben. De richting van de beweging der planeet A wordt door het pijltje voorgesteld. Indien hare snelheid nu eene bepaalde grootte heeft, dan zal zij langs den cirkel $A\,B$ loopen.

Is hare snelheid in A kleiner, dan loopt zij in eene ellips $A\,C$ om de zon, maar zooals gij ziet, is A dan het verste punt of aphelium in de ellips.

Is daarentegen de snelheid der planeet een weinig grooter dan voor eene cirkelvormige beweging passen zou, dan wordt de loopbaan ook wel eene ellips, namelijk $A\,D$, maar het punt A is dan, zooals de figuur aantoont, het dichtste punt of perihelium.

Hoe grooter nu de snelheid in A wordt, hoe langwerpiger de ellips wordt, zie bijv. de ellipsen $A\,D$, $A\,E$, $A\,F$, totdat als de snelheid eene zekere bepaalde maat bereikt, nl. 1,414 maal de snelheid, die met den cirkel overeenkomt, de ellips

in eene parabool $G\,A\,H$ overgaat, en de planeet dus nooit terugkomt.

Dat getal 1,414 is niet precies, er behooren nog meer decimalen bij. Het is het getal, dat, met zich zelf vermenigvuldigd, tot produkt oplevert 2.

Nu begrijpt gij zeker wel, wat er plaats heeft als de snelheid der planeet nog grooter is dan die, welke de parabolische beweging veroorzaakt.

ABDULLAH. Wel mijnheer, dan zal de planeet wel evenmin terugkomen als bij de parabolische beweging, dus ik denk wel, dat de baan dan eene hyperbool zijn zal.

DE HEER. Juist zoo; wij weten dus nu hieruit, dat al de kometen, die zoogenaamd in eene parabool om de zon loopen, in haar naaste punt eene snelheid hebben 1,414 maal grooter dan de snelheid, die eene planeet zou hebben, die om de zon in een cirkel zou loopen, waarvan de straal zoo groot is als de kortste afstand van de komeet tot de zon.

---

§ 341.

2e GEVAL. DE RICHTING DER BEWEGING IS NIET LOODRECHT OP DEN VOERSTRAAL.

Maar nu moeten wij de zaak nog nader beschouwen. Wij hebben zooeven aangenomen, dat de richting van de beweging der planeet A loodrecht was op den voerstraal $A\,Z$. Maar die richting kan met dien voerstraal een scherpen of stompen hoek maken, en dan is de vraag wat gebeurt er nu?

Het antwoord op deze vraag is vrij eenvoudig. De cirkelvormige beweging wordt nu eene onmogelijkheid, want als eene planeet in een cirkel om de zon loopt, is de richting der beweging altijd loodrecht op den voerstraal.

Is de snelheid dezelfde, die de planeet in een cirkel zou doen bewegen, als zij loodrecht op den voerstraal was, dan is

de beweging nu in eene ellips, en de planeet bevindt zich in het punt I, een der toppen van de kleine as $I\,K$.

Is de snelheid kleiner dan de cirkelsnelheid (zoo zullen wij haar kortheidshalve noemen) dan is de loopbaan altijd eene ellips, maar de planeet bevindt zich op het oogenblik, dat wij beschouwen, ergens in L, in de helft $I\,F\,K$, die het verst van de zon is afgekeerd.

Is de snelheid grooter dan de cirkelsnelheid, maar kleiner dan 1,414 maal die snelheid, dan is de loopbaan ook weer eene ellips, maar de planeet bevindt zich ergens in M, in de helft $I\,A\,K$, die het meest naar de zon is toegekeerd.

Is de snelheid juist gelijk aan 1,414 maal de cirkelsnelheid, al is dan de richting der beweging (zie het pijltje bij N) niet loodrecht op den voerstraal, dan is de loopbaan weder eene parabool; maar dan is het punt N, evenals in de andere gevallen, buiten het perihelium A.

Is de snelheid nog grooter dan is de loopbaan eene hyperbool. Deze is in de figuur niet geteekend.

Het is dus merkwaardig, dat, in welke richting de beweging van een lichaam, dat zich om de zon beweegt, ook plaats hebbe, eene bepaalde snelheid aan dat lichaam op een bepaald punt wegens de aantrekkingskracht der zon altijd eene parabolische loopbaan zal mededeelen. Daarom noemt men die bepaalde snelheid: de *parabolische* snelheid.

De parabolische snelheid is dus 1,414 maal de cirkel-snelheid.

---

§ 342.

SCHIAPARELLI BESLUIT, DAT DE VALLENDE STERREN VAN AUGUSTUS EENE ELLIPTISCHE LOOPBAAN MOETEN HEBBEN, EN DAT HAAR OMLOOPS-TIJD 108 JAREN BEDRAAGT. GANG VAN ZIJN ONDERZOEK.

Schiaparelli had op de wijze zooals ik u heb uitgelegd, gevonden, dat de gemiddelde snelheid der vallende sterren,

voordat zij in den dampkring der aarde komen, 1,45 maal de gemiddelde snelheid der aarde was. De loopbaan der aarde verschilt weinig van een cirkel, men zou dus hieruit moeten afleiden, dat die vallende sterren hyperbolische loopbanen hebben.

Maar Schiaparelli begreep terecht, dat dat getal 1,45 vrij onzeker was; het was immers afgeleid uit eene telling der vallende sterren, die in elk uur van den nacht op eene en dezelfde plaats worden waargenomen. Hoe licht kan men door schemering, maanlicht, wolken, onoplettendheid, en andere oorzaken niet alle vallende sterren gezien en aangeteekend hebben, die er geweest zijn, en dan moet natuurlijk dat getal eenigszins foutief zijn. Is het 1,41 in plaats van 1,45, dan is het al kleiner dan 1,414, dus dan is de loopbaan weer eene ellips, maar natuurlijk eene langwerpige ellips.

Telken jare herhaalde zich op de genoemde dagen der maand Augustus het verschijnsel, dat er vele vallende sterren waren, opnieuw; reeds sedert onheugelijke tijden was dit het geval, en daarom begreep Schiaparelli, evenals Prof. H. A. Newton, dat de vallende sterren van Augustus in eene geslotene loopbaan om de zon moesten loopen, dus in eene ellips, en dat die ellips waarschijnlijk tamelijk langwerpig zou zijn.

Alvorens nu de ligging dier loopbaan te onderzoeken, begreep Schiaparelli, dat het van veel belang kon zijn als hij reeds van te voren den omloopstijd van de vallende sterren in hunne baan kon weten.

Want gij herinnert u uit hetgeen ik u vroeger wel heb medegedeeld, dat als men den omloopstijd weet, dan ook de halve groote as bekend is.

Om dien te kennen gebruikte hij de volgende redeneering: Wij weten van de November-vallende-sterren zoo goed als zeker, dat zij in eene geslotene baan om de zon loopen; dat die geheele baan vervuld is met een aantal kleine lichaampjes, die in onzen dampkring gekomen, door hun ontvlammen vallende sterren worden, maar dat er in die baan ergens eene ophoo-

ping van meerdere van die lichaampjes bestaat; als die ophooping de baan der aarde doorgaat op het oogenblik, dat die aarde zich daar ook bevindt, dan ziet men zoo een prachtigen sterreregen als in 1799, 1833 en 1866 gezien is.

Als ik nu in de werken, die over de vallende sterren handelen, en waarin alle verschijningen zijn opgeteekend, die eenigszins merkwaardig zijn geweest, zoek, in welke jaren er een bijzonder schoone vallende-sterren-regen op of bij den 10^{en} Augustus vermeld is, dan kan ik licht zien of in die jaartallen eene periode is op te merken, d. i. of die vallende-sterren-regens na een bepaald aantal jaren terugkeeren, en die periode is dan hoogstwaarschijnlijk de omloopstijd.

Werkelijk vond hij, dat in de jaren

830, 833, 835, 841,
925,
1029,
1243,
1451,
1779, 1784, 1789

de Laurentius-stroom zeer sterk geweest was. Hij trok uit deze getallen het gevolg, dat de Perseïden, (dat zijn de vallende sterren van den Laurentius-stroom), een omloopstijd hebben van omtrent 108 jaren, maar dat het tijdvak, dat de Perseïden zich in groote menigte vertoonen, eenige jaren achter elkander duren kan.

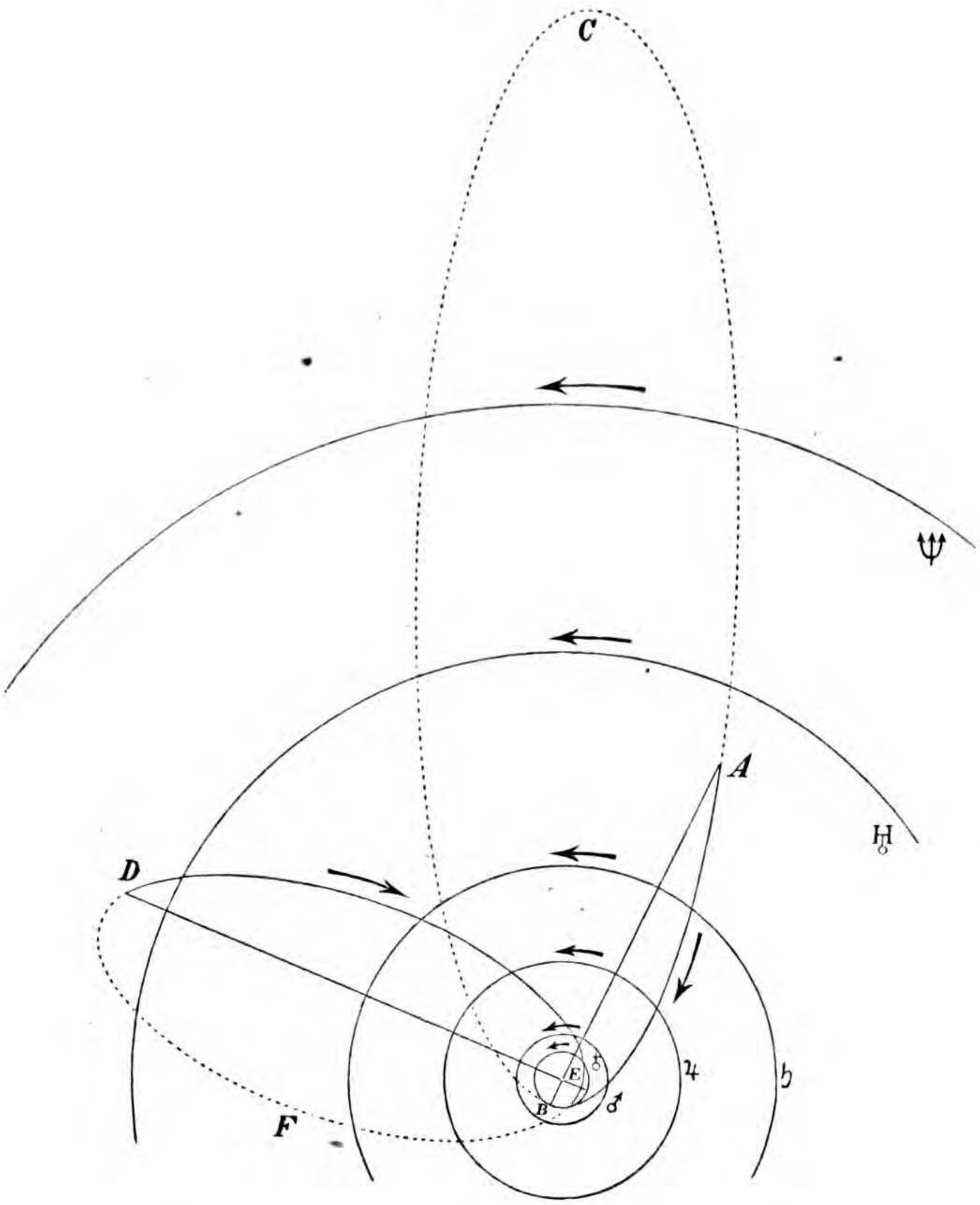
Nu kon Schiaparelli overgaan tot het berekenen van de loopbaan der Perseïden, dat wil zeggen: hij kon nu alles vinden, wat op de ligging van de loopbaan in de ruimte van het zonnestelsel, op den vorm en grootte der loopbaan en op de richting der beweging betrekking heeft.

§ 343.

PUNTEN VAN OVEREENKOMST TUSSCHEN VALLENDE STERREN EN KOMETEN. DE BAAN DER PERSEÏDEN OM DE ZON KOMT OVEREEN MET DIE VAN DE DERDE KOMEET VAN 1862.

Nu had Schiaparelli reeds lang de overeenkomst opgemerkt,

Fig. 611.



die er tusschen kometen en vallende sterren bestond. Hij

vond, dat de richting der beweging der Perseïden terugloopende was. Men vindt wel terugloopende kometen, maar geen terugloopende planeten. De loopbaan was zeer langwerpig. In fig. 611 wordt die voorgesteld. Gij ziet daar de loopbanen van de aarde, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus door cirkels voorgesteld, en de ellips $B\,A\,C$ stelt de gevonden loopbaan voor. A is de klimmende knoop, en bij den dalenden knoop B heeft de ontmoeting met de loopbaan der aarde plaats. Dergelijke langwerpige loopbanen komen wel bij de kometen voor, maar niet bij de planeten. De vallende sterren maken zwermen uit, die zich langzamerhand verlengen tot zij de geheele loopbaan met achterblijvende deeltjes vervullen. De kometen verliezen zonder twijfel bij elken omloop om de zon deeltjes, althans wanneer zij een staart vormen, maar ook hoogstwaarschijnlijk als dat niet het geval is. Schiaparelli geloofde dus aan eene overeenkomst tusschen kometen en vallende sterren, en toen hij nu de loopbaan der Perseïden kende, zocht hij of die loopbaan ook met de loopbaan van de eene of andere komeet overeenstemde. Werkelijk was dit het geval; de derde komeet van het jaar 1862, die in de maanden Juli tot October van dat jaar was zichtbaar geweest, en in Augustus een staart van 25 graden lengte ontwikkeld had, had een loopbaan gehad, die bijna volkomen overeenkwam met die, welke hij voor de Perseïden gevonden had.

---

§ 344.

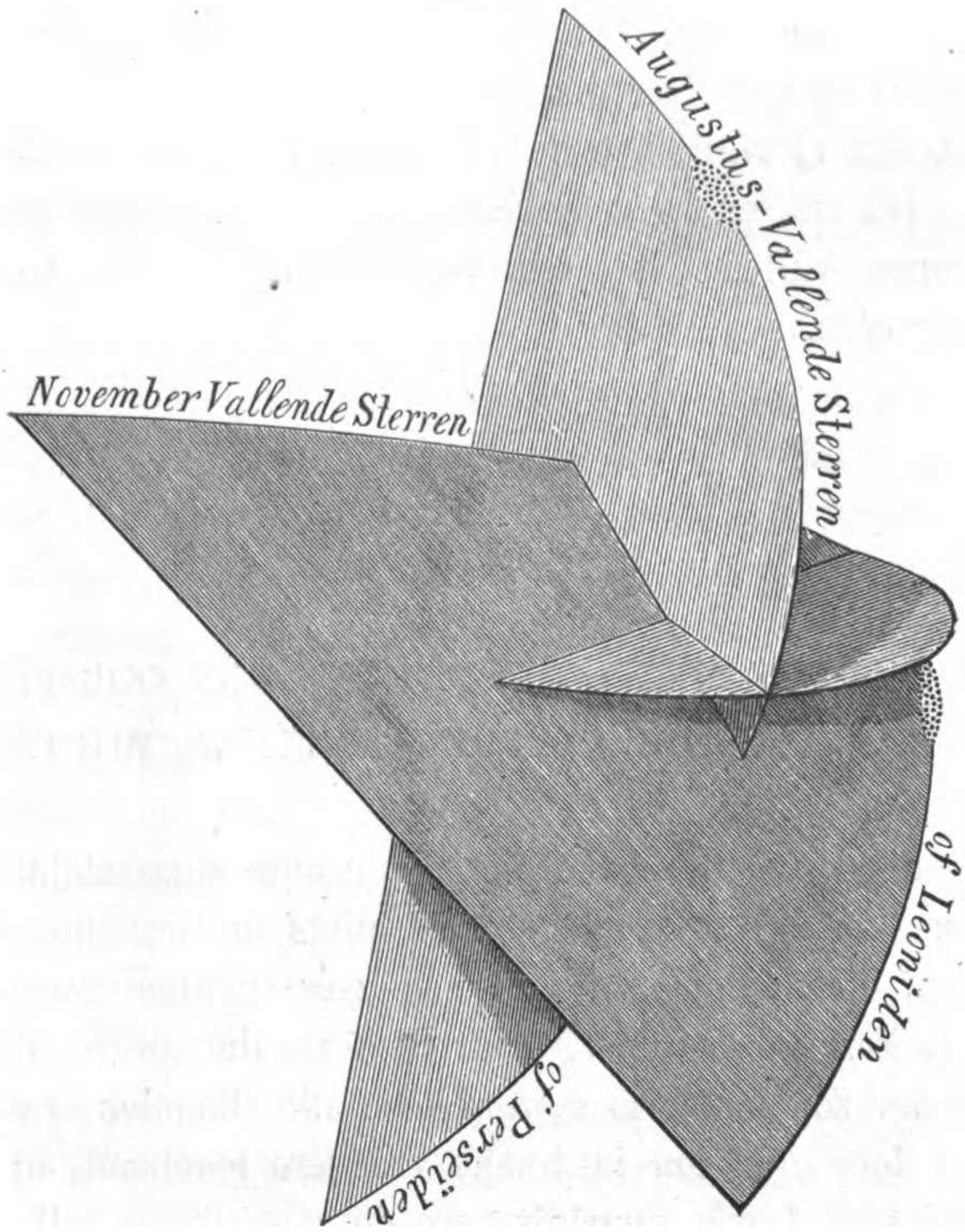
TWEEDE VOORBEELD VAN ZULK EENE OVEREENSTEMMING. DE BAAN DER LEONIDEN KOMT OVEREEN MET DIE VAN DE 1e KOMEET VAN 1866.

Het spreekt van zelf dat er nu wel een sterk vermoeden ontstaan moest, dat de vallende sterren niets anders waren dan

de achterblijvende deeltjes der kometen; en dat vermoeden werd bijna tot zekerheid, toen er korten tijd later een tweede voorbeeld bekend werd van de volkomene overeenkomst eener kometen-loopbaan met eene loopbaan van vallende sterren.

De eerste vallende-sterren-groep namelijk, die waard was onderzocht te worden, was de groep van 12 November: de Leoniden. Naar het door Schiaparelli aangegeven voorbeeld, was het niet moeielijk ook van deze groep de loopbaan te vinden. Gij vindt haar in dezelfde figuur voorgesteld door de ellips $D\,E\,F$. Den omloopstijd kon men veilig = 33¼ jaar

Fig. 612.



aannemen. Schiaparelli deed ook deze berekening, en wel op

het einde van het jaar 1866; evenals Leverrier, de groote sterrekundige van Parijs.

Hij vond in de daarvan bestaande lijsten geene loopbaan eener komeet, die met de loopbaan der Leoniden overeenkwam, maar dit kwam, omdat in die lijsten de kometen van hetzelfde jaar 1866 nog niet waren opgenomen. In het begin van het volgende jaar 1867, maakte de beroemde sterrekundige Oppolzer zijne resultaten bekend, omtrent de loopbaan dier komeet, en ziet, niet alleen kwam de ligging dier baan geheel overeen met die der Leoniden, maar ook voor den omloopstijd vond hij 33,1758 jaren, dus nagenoeg precies zooveel als men voor de Leoniden had aangenomen. De overeenkomst der beide banen werd dan ook kort na elkander door Peters, Schiaparelli en Oppolzer opgemerkt.

In fig. 612 ziet gij, hoe deze loopbanen die der aarde doorsnijden. Gij ziet er op geteekend, hoe de sterrekundigen zich de zwermen vallende sterren voorstellen, die zich langs die banen bewegen.

---

§ 345.

WELK BESLUIT MEN DUS OMTRENT DEN OORSPRONG DER VALLENDE STERREN TREKKEN MOET.

Wij kunnen dus tegenwoordig met groote waarschijnlijkheid aannemen, dat de vallende sterren niets anders zijn dan de deeltjes of lichaampjes, die in een zeer dichten zwerm vereenigd de kometen vormen, maar die, als die zwerm door de werking der zon losser is geworden of uit elkander is gerekt, toch den loop der zon in hunne vroegere loopbaan, of eene, die er niet veel van verschilt, om de zon blijven volbrengen. Het aantal kometen schijnt oneindig groot te zijn. Reeds Keppler zeide: het aantal kometen in den hemel is als dat der

visschen in de zee. Er zijn jaren, waarin 6 of 7 kometen verschijnen; van deze zijn de meesten niet voor het bloote oog zichtbaar, zoodat zij door de sterrekundigen met hunne kijkers moeten gezocht worden. Als nu alle kometen nu en dan kleine gedeelten achterlaten, die dan alleen hun loop om de zon blijven vervolgen, dan is het wel na te gaan hoe de ruimte van het zonnestelsel door een onnoembaar aantal van die lichaampjes moet doorkruist worden, zoodat er elken dag verscheidene in den dampkring der aarde terecht komen.

---

§ 346.

HOE MEN HET RESULTAAT VAN HET SPEKTROSKOPISCH ONDERZOEK DER KOMETEN HIERMEDE KAN OVEREENBRENGEN.

ABDULLAH. Maar mijnheer, u hebt mij onlangs gezegd, dat het waarschijnlijk was, dat de kern der kometen eene verbinding van kool- en waterstof, bijv. petroleum, bevatte; bestaan dan nu die lichaampjes, die in onzen dampkring de vallende sterren vormen, ook uit zulk een stof?

DE HEER. Die vraag is moeilijk te beantwoorden, om de eenvoudige reden, dat nog niemand ooit eene eigenlijke vallende ster voor zich heeft zien nedervallen, zoodat hij hare natuur of samenstelling scheikundig heeft kunnen onderzoeken. Alleen hebben sommigen, als zij vallende sterren met een spektroskoop onderzochten, gemeend dezelfde lichte streep in het geel te zien, die zeezout ook geeft. Het is wel bijna zeker, dat die vallende sterren uit kleine *vaste* lichaampjes en niet uit eene vloeistof bestaan; want eene vloeistof zou door den wederstand der lucht onmiddellijk uiteenspatten, zoodra zij in den dampkring kwam en zou niet gaan gloeien. Indien nu die vaste lichaampjes van kometen afkomstig zijn, dan kon

het toch zeer wel gebeuren, dat zulk eene komeet, behalve uit een zwerm van zooveel vaste lichaampjes, uit een dampkring van de een of andere verbinding van kool- en waterstof bestaat, zoodat die vaste lichaampjes in dien dampkring verspreid waren. De aantrekking, die elk dezer kleine lichaampjes uitoefent, is zoo gering, dat zij ontoereikend kan zijn, om die deeltjes in één klomp bij elkander te houden. Zoo zou dan verklaard kunnen worden, waarom dikwijls het licht eener komeet, door een prisma bezien, behalve de lichte banden, die aan koolwaterstof doen denken, een doorloopend spektrum vertoont evenals de zon; dit moet dan het door die vaste deeltjes teruggekaatste licht der zon veroorzaken. Wel zouden die deeltjes of lichaampjes, indien zij gloeiend waren, ook een doorloopend kleurenbeeld kunnen geven, maar in de ruimte van het zonnestelsel, buiten de dampkringen der planeten, heerscht eene koude, die sterker is dan de sterkste koude, die wij kunstmatig kunnen voortbrengen, dus daar zou zulk een lichaampje geen minuut gloeiend blijven, terwijl het ook moeilijk zou zijn eene oorzaak voor dat gloeien aan te geven.

Ook meermalen is het werkelijk voorgekomen, dat de sterrekundigen in kometen kleine lichtende punten hebben gezien; het zou zeer goed kunnen gebeuren, dat dit niet anders waren dan dergelijke in de komeet verspreide lichaampjes.

---

§ 347.

BESLUIT.

Ik heb dan nu, Abdullah, getracht, u in onze samenspraken een denkbeeld te geven van hetgeen den menschen tegenwoordig bekend is van de hemellichamen, die gij bij dag en bij nacht aan den hemel ziet. Die kennis is wel niet volkomen, maar toch in vele gevallen de volkomenheid al zeer nabij. Zij

is alleen verkregen door aanhoudende opmerkzaamheid, door aanteekening te houden van hetgeen werd gezien, zonder eene vooraf opgevatte meening te hebben, en door die aanteekeningen of waarnemingen bedaard te overwegen.

Daardoor is men ertoe gekomen de regels en wetten te vinden, die de beweging der hemellichamen regeeren, en is daarin tegenwoordig op die hoogte gekomen, dat men even goed vooruit berekenen kan, waar, d. i. in welke richting over een groot tijdvak, bijv. over 2000 jaren, op dien of dien dag, dat of dat uur, die of die minuut, enz. de sterren en planeten en zon en maan zich zullen vertoonen, als dat men kan vinden, hoe de toestand vóór zulk een lang tijdsverloop geweest is.

En niet alleen dat de aard dier bewegingen bekend is, ook de kracht, die deze bewegingen veroorzaakt en wijzigt, is bekend. Eens was er een tijd, dat zon, maan en planeten voor godheden werden aangezien, en nog eeuwen later gold het voor eene stoute onderstelling, dat het licht der planeten aan de zon ontleend was, en dat daarentegen de vaste sterren lichamen zijn als onze zon.

Het is nog zoolang niet geleden, dat anders verstandige menschen nog in allen ernst eraan geloofden, dat men uit de sterren, bepaaldelijk uit de planeten, geluk of ongeluk voorspellen kon; zelfs de groote Keppler, die er niet aan geloofde, moest toch nog met den geest van zijnen tijd medegaan en in almanakken voorspellingen plaatsen, waarvan hij de onwaarde zelf wel kende. Hij troostte zich met te zeggen: „het is nog altijd beter dan bedelen."

Uit al, wat ik u zoo al heb medegedeeld, zult gij ook wel gezien hebben, dat het onderzoek steeds vooruitgaat. Veel, waarvan vroeger niets bekend was, is in den laatsten tijd, althans eenigermate, opgehelderd geworden. Denk maar eens aan de natuurlijke gesteldheid der zon, der kometen en der vallende sterren, waarvan men 40 jaren geleden nog zoo goed als niets wist. De vorderingen, die in dit opzicht de sterrekunde in den laatsten tijd gemaakt heeft, is zij hoofdzakelijk

verschuldigd aan de hulp van andere wetenschappen. Terwijl zij vroeger bijna uitsluitend de wiskunde noodig had, roept zij tegenwoordig de hulp in van de natuur- en scheikunde, en, bij het onderzoeken der luchtsteenen, van de mineralenkunde. Als wij nu nagaan, hoe in elke eeuw in elke wetenschap de kennis vermeerderd is, dan moeten wij ook vertrouwen, dat de kennis, die wij nu van de hemellichamen bezitten, nog veel zal toenemen; maar welke nieuwe zaken het eerst aan de beurt zullen liggen, om bekend te worden, is ons natuurlijk onbekend. Er is vooreerst voor de sterrekundigen genoeg te doen. Zij weten nu, dat dubbele sterren bestaan uit twee lichamen als onze zon, dikwijls verschillend van grootte, die om het zoogenaamd gemeenschappelijk zwaartepunt omwentelen. Maar van deze dubbele sterren bestaan er duizenden, en nog van geen honderd kent men de loopbaan. De nevelvlekken zijn met duizenden aan den hemel; daarvan zijn ook lijsten gemaakt, waar hare plaats aan den hemel is aangeduid en haar uiterlijk voorkomen beschreven wordt, maar of zij van gedaante veranderen, daarvan bestaan alleen nog maar vermoedens. Evenzoo is nog weinig bekend omtrent de bewegingen, die de sterren bezitten, die in groote sterrehoopen, zooals het Zevengesternte, de Krib in de Kreeft, enz. vereenigd zijn; maar er zullen wellicht eenige eeuwen verloopen, eer men daarvan iets naders weet. Het onderzoek hiervan is pas sedert weinige jaren met ernst begonnen.

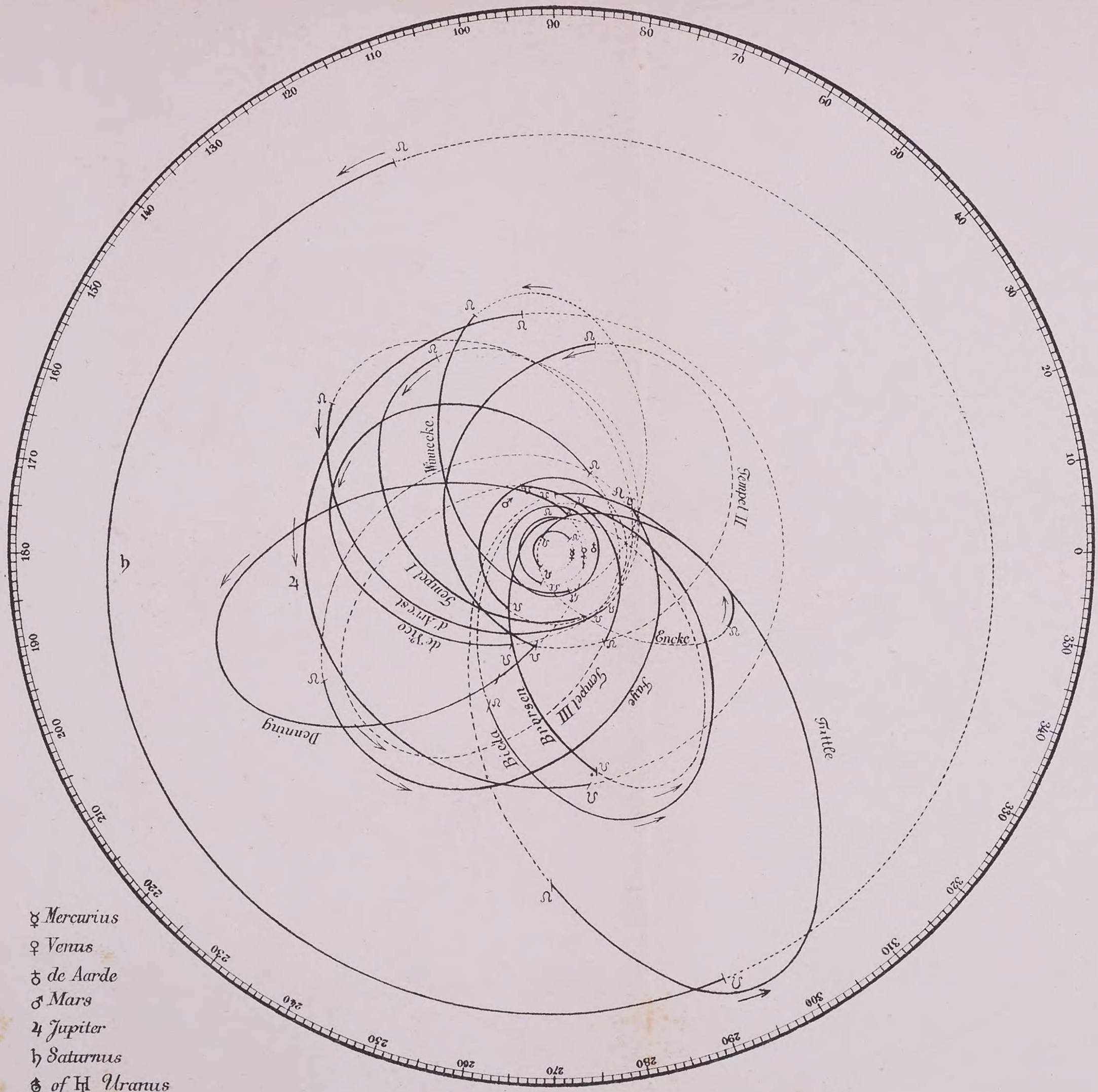
Beschouwen wij nu de lichamen van ons zonnestelsel dan zien wij, dat de planeetjes tusschen Mars en Jupiter nog waarschijnlijk lang niet alle bekend zijn; nog jaarlijks worden er gevonden. Omtrent hunne wording zijn wij nog geheel in het onzekere.

Het zodiakaal-licht blijft nog altijd raadselachtig. Algemeen wordt nog aangenomen, zooals ik u ook heb uitgelegd, dat het een groote, ronde, sterk afgeplatte nevel is, waarin onze zon ongeveer het midden inneemt, en die zich langs het vlak der ekliptika uitbreidt, maar sommigen meenen op grond van

langdurige waarnemingen dit te moeten betwijfelen, en zien er een verschijnsel in, dat in den dampkring te huis hoort; eene meening die door de meeste sterrekundigen niet gedeeld wordt.

Zoo ziet gij, dat er nog veel, zeer veel te onderzoeken overblijft. Zonder twijfel zal veel, dat nu nog verborgen is, naderhand bekend worden, doch daartoe is noodig: ijver en volharding!

EINDE.



☿ *Mercurius*
♀ *Venus*
♁ *de Aarde*
♂ *Mars*
♃ *Jupiter*
♄ *Saturnus*
♅ *of* ♅ *Uranus*
♆ *of* ♆ *Neptunus*

Planetenstelsel met de loopbanen der kometen met korten omloopstijd.

Fig. 589.



Fig. 590. A a B C D E b F G h

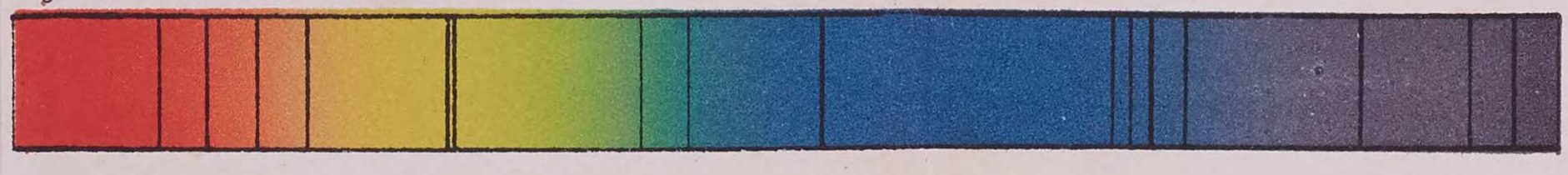


Fig. 591.



Fig. 596.



Fig. 597.



Fig. 598.



J. Bos lith. Litt.

