

ATLAS
VOOR DE
STERRENKUNDE,

MET VERKLARENDE TEKST,

DOOR

Dr. K. BRUHNS,

Hoogleraar aan de Universiteit en Bestuurder van de Sterrenwacht te Leipzig.

UIT HET HOOGDUITSCH OVERGEZET DOOR EN MET EEN TOEVOEGSEL

VAN

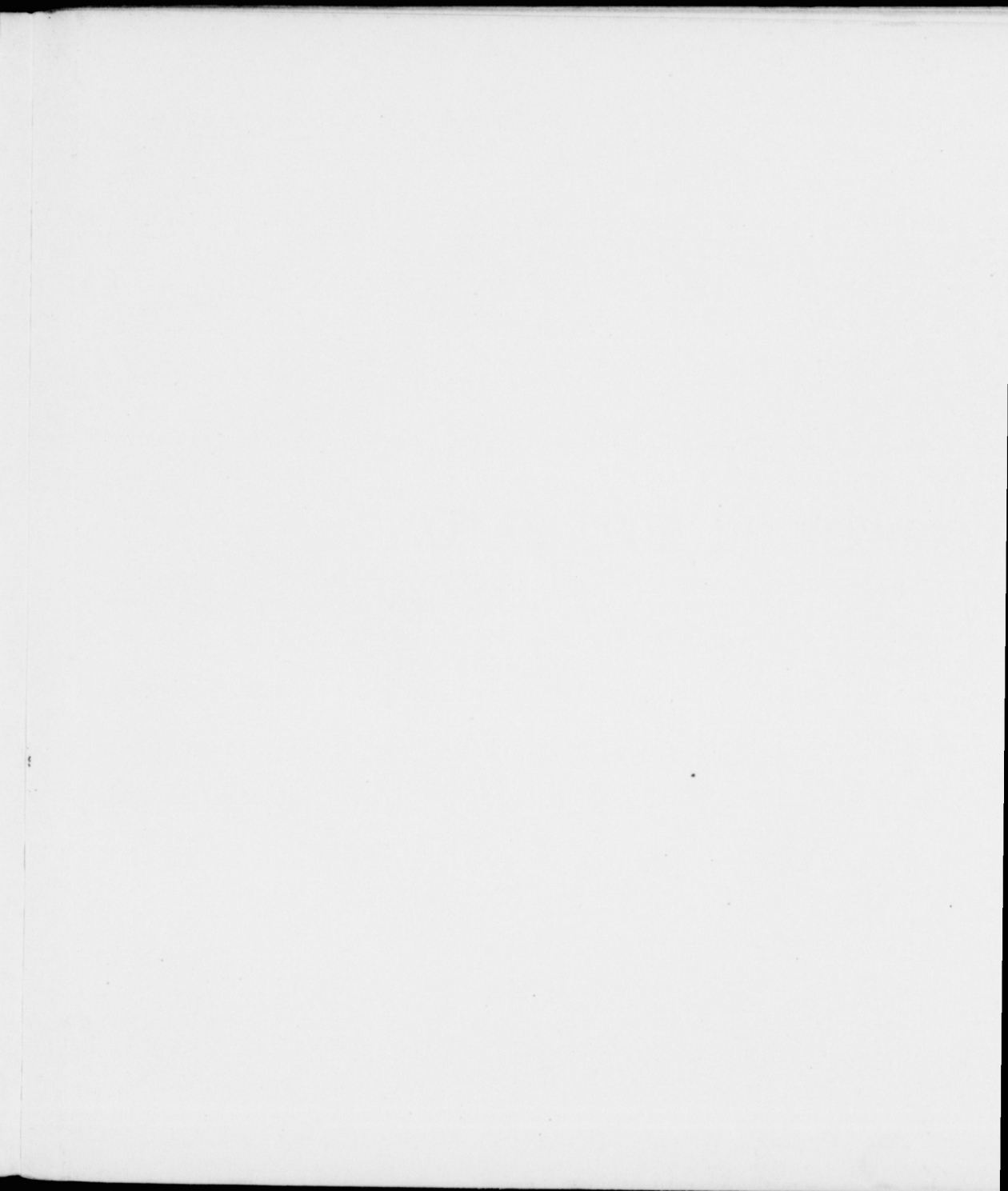
Dr. P. J. KAISER.

Geenheid
BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.

TE LEIDEN, BIJ A. W. SITHOFF.

1873.

193
B
44



ATLAS VOOR DE STERRENKUNDE.

ATLAS VOOR DE STERRENKUNDE



RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT



2718 677 8

193. B. 44.
I 079

ATLAS

VOOR DE

STERRENKUNDE,

MET VERKLARENDE TEKST,

DOOR

Dr. K. BRUHNS,

Hoogleraar aan de Universiteit en Bestuurder van de Sterrenwacht te Leipzig.

UIT HET HOOGDUITSCH OVERGEZET DOOR EN MET EEN TOEVOEGSEL

VAN

Dr. P. J. KAISER.



TE LEIDEN, BIJ A. W. SUTHOFF.

1873.

ATLAS

STERRENKUNDE

NETHERLANDS

W. H. VAN DER

AMSTERDAM

DE W. H. VAN DER



STERRENKUNDE.

INLEIDING.

De ouderdom der sterrenkunde kan niet met zekerheid worden opgegeven; dat hij zeer hoog moet zijn blijkt hieruit, dat de sterrenkunde van den beginne af de belangstelling van de menschheid wekte, en de schijnbare loop van zon en sterren reeds in de vroege oudheid tot het doen van waarnemingen aanleiding gaf. De verschijnselen, welke zich aan den hemelbol vertoonen, juister te kennen, was zekerlijk een van de eerste wenschen, naar welker vervulling de menschelijke geest streefde, en het deel van de sterrenkunde, hetwelk de plaatsen van de hemellichamen aan den hemelbol doet kennen, bekend onder den naam van bolvormige sterrenkunde is wel het oudste van onze kennis des hemels.

Toen men behalve de algemeene dagelijksche beweging der hemellichamen ook nog andere bewegingen van enkele sterren waarnam, kwam men tot de onderscheiding van vaste sterren en dwaalsterren, en de bepaling van de banen en van den loop der laatstgenoemden, is het vraagstuk, dat door een ander gedeelte van de sterrenkunde, de theoretische, gesteld wordt.

In lateren tijd bracht men alle bewegingen aan den hemel terug tot de werking van krachten, die door het geheele hemelruim een en dezelfde wet volgen. Men leidde uit de wet der algemeene aantrekkingskracht de theorie der beweging af en men noemt het deel van de sterrenkunde, dat zich daarmede bezig houdt, de natuurkundige sterrenkunde.

Men noemt in de wiskunde de leer der krachten mechanica, en omdat de natuurkundige sterrenkunde zich bezig houdt met de krachten, welke de beweging der hemellichamen veroorzaken, noemt men dit deel ook dikwijls de mechanica van den hemel.

Ook wel verdeelt men de sterrenkunde in theoretische en practische. Als men deze indeeling kiest, dan behoort tot de theoretische sterrenkunde de theoretische en natuurkundige in haar geheel, en een groot deel der bolvormige; dat deel der bolvormige sterrenkunde, hetwelk de kunst van waarnemen en de hulpmiddelen voor het waarnemen leert kennen, en hunne theorie en gebruik behandelt, is de eigenlijke practische sterrenkunde.

Om een kort overzicht over het geheele gebied der sterrenkunde te geven, zal het het beste zijn, om eerst een deel van die bolvormige sterrenkunde, dan de theoretische sterrenkunde, de natuurkundige sterrenkunde en ten slotte de practische sterrenkunde achtereenvolgens te behandelen.

Bij de bolvormige sterrenkunde voegen wij de „Astrognosie“ en het wetenswaardige der vaste sterren, bij de theoretische de topographie en een overzicht over het zonnestelsel.

I. DE BOLVORMIGE STERRENKUNDE.

(PLAAT I, 2, 3.)

1. DE VERDEELING VAN DEN HEMELBOL.

Het hemelgewelf schijnt ons toe een holle halve kogel te zijn, waarvan de straal gericht naar boven kleiner schijnt dan die in eene richting voor ons uit.

Een andere even groote halve kogel bevindt zich onder ons, en de groote cirkel, welke, wanneer wij een vrij uitzicht hebben, onzen gezichtskring bepaalt, alzoo die cirkel, welke den voor ons zichtbaren halven kogel van den voor ons onzichtbaren scheidt, noemt men den horizon. Het hoogste punt van den hemel boven ons heet toppunt of nadir, en omdat wij alle cirkels aan den hemel, evenals alle andere cirkels, in 360 graden verdeelen, is het zenith overal een vierde van een cirkel of 90° van den horizon verwijderd.

Een vlak, gebracht door den grooten cirkel, welke den horizon voorstelt, zal, behoudens kleine later te bespreken verbeteringen, onze oogen treffen en wordt het hoofdvlak van den horizon genoemd. De richting naar het zenith staat loodrecht op dit vlak en het zenithpunt is daarom de pool van den horizon. Verlengen wij de richting naar het zenith in tegenovergestelden zin, dan komen wij aan een punt, dat juist onder ons ligt en voetpunt of nadir genoemd wordt; dit punt is de tweede pool van den horizon.

De geheele hemelkogel wentelt zich schijnbaar in 24 uren om eene as, wier eindpunten wereld- of hemelpolen heeten. De voor ons zichtbare pool heet noordpool, de andere, voor ons onzichtbare, zuidpool. Alle hemellichamen beschrijven cirkels, wier middelpunten liggen in de, van de noordpool tot de zuidpool zich uitstrekkende werelidas, en wier middellijnen grooter zijn naarmate de hemellichamen verder van de polen zijn verwijderd. De cirkel, van beide polen even ver, en dus een vierde van een cirkelontrek verwijderd, is een groote cirkel en heet de aequator, terwijl de andere door de hemellichamen beschrevene cirkels, kleine cirkels zijn en parallelcirkels genoemd worden.

Volgt men den loop van onze dagster, de zon, dan bemerkt men spoedig, dat zij van dag tot dag met betrekking tot de sterren een anderen stand heeft ingenomen, en eerst na een lang tijdsverloop, een jaar, tot dezelfde plaats aan den hemel terugkeert. De schijnbare loopbaan van de zon is eveneens een groote cirkel en wordt ecliptica genoemd; die punten aan den hemel, welke in het Noorden en het Zuiden 90° van haar verwijderd zijn, zijn de polen van de ecliptica.

De vlakken, gaande door de groote cirkels van den aequator en van de ecliptica, vormen met de vlakke van den horizon de drie hoofdvlakken der sterrenkunde, waarop alle waarnemingen omtrent de plaatsen in het wereldruim worden teruggebracht, en de gegevens, welke noodig zijn om den stand van een punt in de ruimte te bepalen, worden de coördinaten van dat punt genoemd.

Volgt men den loop van de zon en van de sterren overal, dan ziet men haar aan een bepaald punt van den horizon zichtbaar worden, opkomen, zich meer en meer boven den horizon verheffen, een hoogste punt culminatiepunt, innemen, dan weder dalen, om aan een ander punt van den horizon te verdwijnen, onder te gaan. Een oplettend waarnemer zal gemakkelijk opmerken dat al de culminatiepunten van de verschillende sterren in een grooten cirkel liggen, die door het zenith en de wereldpool gaat. Deze groote cirkel snijdt den horizon in twee punten, en heet de meridiaan, terwijl het punt dat het dichtst bij de noordpool ligt noordpunt, en dat hetwelk aan de tegenovergestelde zijde ligt zuidpunt genoemd wordt. Twee punten in den horizon, juist 90° van het noordpunt en van het zuidpunt verwijderd, heeten: dat hetwelk het dichtst ligt bij het punt alwaar de zon opkomt, oostpunt; dat hetwelk het dichtst ligt bij het punt alwaar de zon ondergaat, westpunt; terwijl Noord, Oost, Zuid en West de vier hoofdstreken van den horizon zijn.

Als men de plaats van een hemellichaam met betrekking tot den horizon bepalen wil, denkt men een boog van 90° getrokken door het zenith en door het hemellichaam loodrecht op den horizon, en dan heet het stuk van dien boog begrepen tusschen het zenith en het hemellichaam de zenithsafstand, en dat tusschen het hemellichaam en den horizon de hoogte, terwijl onmiddellijk hieruit volgt, dat:

$$\text{zenithsafstand} + \text{hoogte} = 90^\circ \text{ zijn.}$$

Den hoek tusschen dezen hoogtecirkel en den meridiaan, aan het zenith gevormd, en die gemeten wordt door den boog van den horizon tusschen het zuidpunt en het snijpunt van den hoogtecirkel met den horizon, noemt men het azimuth van het hemellichaam. Ligt de hoek aan de westzijde, beginnende bij het zuiden, dan noemt men het azimuth westelijk, ligt hij aan de oostzijde, oostelijk, of wel men telt het azimuth beginnende bij het zuiden door het westen, noorden, oosten weder tot het zuiden 360° door. Kent men de hoogte en het azimuth,

dan is de richting, waarin het hemellichaam zich bevindt, volkomen bepaald, en hoogte en azimuth zijn de polaire coördinaten van het hemellichaam ten opzichte van den horizon.

Om voor den aequator de coördinaten van een hemellichaam te bepalen, denkt men zich door de noord- of zuidpool en het hemellichaam op den aequator een boog van een grooten cirkel getrokken; men noemt dan den afstand van de pool tot het hemellichaam den poolafstand, en den boog van het hemellichaam tot den aequator de declinatie, terwijl wederom lichtelijk is te begrijpen dat

$$\text{poolafstand} + \text{declinatie} = 90^\circ \text{ zijn.}$$

Is het hemellichaam aan de noordzijde van den aequator, dan noemt men zijne declinatie noordelijk; is het aan de zuidzijde van den aequator, dan heeft men zuidelijke declinatie. Den poolafstand telt men echter altijd van de noordpool tot 180° door.

Den hoek aan den pool, welken een cirkelboog door de pool en het hemellichaam loodrecht getrokken op den aequator, met den grooten cirkel, genaamd den meridiaan, vormt, of den boog op den aequator tusschen de beide snijpunten der beide genoemde groote cirkels met den aequator, noemt men uurhoek. Wederom moet men onderscheiden of het hemellichaam ten oosten of ten westen van den meridiaan staat; in het eene geval noemt men den uurhoek oostelijk, in het andere westelijk; of ook men telt den uurhoek van het zuiden, door het westen, noorden, oosten tot het zuiden, tot 360° graden of 24 uren, door, zoodat ieder uur door 15 graden wordt voorgesteld.

De zon snijdt bij haren schijnbaren loop den aequator tweemaal in het jaar, en wanneer zij zich in een der punten bevindt, begint het sterrenkundig voor- of najaar. Daarom noemt men die punten het voor- en najaarsbeginpunt, terwijl de aequator en de ecliptica beide punten gemeen hebben. Om nu van den aequator tot de ecliptica te kunnen overgaan, telt men ook op den aequator den boog van het voorjaarsbeginpunt tot aan het snijpunt gevormd door den uurcirkel van het hemellichaam met den aequator, en men noemt dien boog de rechte opklimming of rectascentio van het hemellichaam. Ten opzichte van den aequator zijn dus de polaire coördinaten de declinatie en de rechte opklimming, en als beide gegeven zijn, is de richting van het hemellichaam volkomen bekend.

Neemt men eindelijk de ecliptica als hoofdvlak en trekt men door de pool der ecliptica en door het hemellichaam een boog loodrecht op de ecliptica, dan noemt men den boog van het hemellichaam tot de ecliptica de breedte, en wel noordelijk, als het hemellichaam ten noorden van de ecliptica, en zuidelijk, als het ten zuiden van de ecliptica staat. De hoek aan de pool van de ecliptica, gevormd door den boog, welke door het hemellichaam getrokken is, met dien door het voorjaarspunt gaande, of de boog op de ecliptica van het voorjaarspunt tot het punt waar zij gesneden wordt door den boog, getrokken door de pool en het hemellichaam, is de lengte van het hemellichaam, terwijl lengte en breedte de polaire coördinaten zijn van het hemellichaam ten opzichte van de ecliptica. De bolvormige sterrenkunde stelt zich ten doel, de richtingen of de zooveen genoemde polaire coördinaten ten opzichte van een der hoofdvlakken te bepalen.

De genoemde hoofdvlakken en de groote cirkels, door welke zij begrensd worden, benevens de hoofdstreken zijn voorgesteld in Plaat II, fig. I. De groote cirkel N W Z O stelt den horizon voor; het punt Z het zuidpunt, O het oostpunt, N het noordpunt, W het westpunt; F is het zenithpunt boven den horizon, V het nadirpunt. De groote cirkel A V B $\triangle$ A stelt den aequator voor, welke den horizon in het oosten en westen snijdt, terwijl V het beginpunt voor de telling der rechte opklimming beteekent. P en P' zijn de noordpool en de zuidpool van den aequator, de boog SA is de grootste hoogte, welke de aequator boven den horizon verkrijgen kan en een gedeelte van den meridiaan SA Z N Z' S. Eindelijk stelt de groote cirkel E F D G de ecliptica voor, den horizon in G en F, en den aequator in V en $\triangle$ snijdende.

Men heeft ook de aarde, wier vorm wij voorloopig als kogelvormig aannemen, door cirkels, welke met die aan den hemel overeenstemmen, verdeeld. De as, die de wereldpolen aan elkander verbindt, gaat door onze aarde, en de plaatsen waar zij de oppervlakte doorsnijdt worden de noordpool en de zuidpool genoemd. De groote cirkel, welke juist samenvalt met de vlakte van den aequator aan den hemel, heet op de aarde de aequator der aarde; en de loodrecht op dien aequator getrokken groote cirkels, welke door de polen gaan, worden meridianen genoemd. De boog van den meridiaan van een plaats op de oppervlakte der aarde, gelegen tusschen die plaats en den aequator, heet de geographische breedte, en de hoek dien de meridiaan met een anderen meridiaan maakt, dien men als eersten aannemt, noemt men de geographische lengte van de plaats, gerekend of geteld van dezen eersten meridiaan. Tevens zij vermeld, dat de Duitschers als eersten meridiaan dien over Berlijn; de Fransen, dien over Parijs; de Engelschen, dien over Greenwich aannemen; terwijl de geographen, voor hunne planigloben, waarmede zij den aardbol voorstellen, zich bedienen van een meridiaan, die 20° westelijk van Parijs ligt, bijna over het eiland Ferro loopt en niet den naam van meridiaan van Ferro bestempeld wordt. Eene voornamte opgave der bolvormige sterrenkunde is ook de bepaling der lengte en breedte van de plaatsen op de aarde, dus de geographische plaatsbepaling.

2. DE VASTE STERREN.

a) Verdeeling in Sterrenbeelden; konne benaming en de namen van eenige hoofdsterren.

Keeren wij terug tot de verschijnselen aan den hemel en beschouwen wij des nachts een onbewolkten hemel, dan zal men onder de voor ons zichtbare sterren spoedig zoodanige opmerken, die hare plaatsen ten opzichte van elkander schijnbaar niet, en zulke, die onder de vaste sterren zeer in het oog loopend van plaats veranderen; de eerste noemt men vaste sterren, de laatste dwaalsterren. De dwaalsterren verdeelt men ten eerste in planeten in meer engeren zin, waartoe onze aarde behoort, en welke zich om de zon bewegen; ten tweede in bij-planeten of manen, welke of om de aarde, of om andere planeten loopbanen beschrijven; ten derde in kometen, die zich eveneens om de zon bewegen, maar toch wezenlijk van de planeten verschillen door hare loopbanen en haar uiterlijk voorkomen; en eindelijk ten vierde behooren ook de meteoren, vallende sterren en vuurkogels tot dit gebied.

Het licht der vaste sterren is zeer verschillend in helderheid, en de helderste onder haar, welk aantal niet groot is, worden sterren der 1^{ste} grootte genoemd, terwijl een grooter aantal van zwakkere tot de 2^{de} grootte gerekend wordt, nog zwakkere tot de 3^{de} grootte behooren, en die sterren, welke nog even met het ongewapend oog waargenomen kunnen worden, tot de 6^{de} grootte gebracht worden. Het ongewapend oog kan, naar dat oude gebruik, niet meer dan zes klassen voor de grootte onderscheiden; hoe meer vermogend echter de verrekijker is, waarmede aan den hemel wordt waargenomen, hoe zwakker de sterren zijn zullen, die men nog kan waarnemen en hoe grooter het aantal klassen zijn zal, waarin men de helderheid uitdrukken kan.

Om nu de vaste sterren tot groepen te brengen, kunnen wij ons bedienen van de verdeeling des sterrenhemels in groepen of sterrenbeelden, welke de Ouden ons reeds hebben nagelaten. Met groote waarschijnlijkheid kan men aannemen, dat de sterrenbeelden niet vroeger dan 15 eeuwen vóór Christus bestaan hebben, en Chiron, die omtrent 1400 vóór Christus leefde, dus kort voor den tocht der Argonauten, zegt men, heeft het eerst sterrenbeelden ingevoerd.

In het boek Job worden Orion, de Pleiaden en de Hyaden vermeld, doch de vertaling der oorspronkelijke Hebreuwsche namen is twijfelachtig en slechts dit blijkt, dat in die dagen reeds enkele groepen van sterren aan den hemel een naam hebben verkregen. Homerus noemt in de Ilias en Odyssea den Beer, Orion, de Hyaden, de Pleiaden en Boötes; Hesiodus heeft bovendien nog Arkturus en Sirius.

Een gordel van sterrengroepen, welke zich bevindt in de nabijheid van de schijnbare loopbaan der zon, van de maansbaan of van de banen der heldere planeten, wordt de Zodiak of dierenriem genoemd, omdat de sterrenbeelden op eenige weinige na naar dieren genoemd zijn. Het aantal sterrenbeelden in den Zodiak bedraagt twaalf. Ptolomeus, de grootste sterrenkundige der oudheid, voerde ten noorden van den dierenriem nog 21 sterrenbeelden en ten zuiden nog 15 sterrenbeelden in. Bij deze 48 sterrenbeelden heeft men in de middeleeuwen en in lateren tijd nog 60 gevoegd, zoodat wij nu in het geheel 108 sterrenbeelden tellen, waarvan er echter eenige zoo zonder reden gekozen en benoemd zijn, dat vele sterrenkundigen hen niet erkennen. Meermalen heeft men voorgesteld om de sterrenbeelden geheel af te schaffen, doch dat voorstel heeft geen bijval gevonden. Evenzoo is de invoering van andere namen voor de sterrenbeelden, b. v. bijbelsche namen, door een zekeren Schiller in de 17^{de} eeuw, heraldische namen door wijlen Professor Ehrhard Weigel (gest. 1699) te Jena, aan de vergetelheid prijsgegeven en ook behooren de door de Arabieren aangenomen namen der sterrenbeelden, die echter slechts uit het Grieksch, naar de Arabische zeden en gewoonte gewijzigd, overgenomen waren, tot de geschiedenis. De oude als bij overlevering ons bekende sterrenbeelden, wier namen als de oude door den tand des tijds bijna vernietigde ruïnen tot ons spreken, die ons de mythologie, de kennis, de denkbeelden, de daden, de lotgevallen, de geschiedenis, de helden en heroën, ja zelfs de dwalingen en het bijgeloof van de vroege oudheid vertegenwoordigen, zijn de volgende in de „Almagest” aangeteekende.

De 48 sterrenbeelden van Ptolomeus (in het Hollandsch en het Latijn.)

a) De noordelijke:

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1) De kleine Beer, Ursa minor. | 12) De Wagenmaan, Auriga. |
| 2) De groote Beer, Ursa major. | 13) De Slangendrager, Ophiuchus. |
| 3) De Draak, Draco. | 14) De Slang, Serpens. |
| 4) Cepheus, Cepheus. | 15) De Boog, Sagitta. |
| 5) Boötes, Boötes. | 16) De Arend, Aquila. |
| 6) De noordelijke Kroon, Corona borealis. | 17) De Doltijn, Delphinus. |
| 7) Hercules, Hercules. | 18) Het kleine Paard, Equuleus. |
| 8) De Lier, Lyra. | 19) Pegasus, Pegasus. |
| 9) De Zwaan, Cygnus. | 20) Andromeda, Andromeda. |
| 10) Cassiopea, Cassiopeja. | 21) De Driehoek, Triangulum. |
| 11) Perseus, Perseus. | |

b) De sterrenbeelden in den dierenriem:

- | | |
|---------------------------|----------------------------------|
| 1) De Ram, Aries. | 7) De Weegschaal, Libra. |
| 2) De Stier, Taurus. | 8) De Schorpioen, Scorpio. |
| 3) De Tweelingen, Gemini. | 9) De Boogschutter, Sagittarius. |
| 4) De Kreeft, Cancer. | 10) De Steenbok, Capricornus. |
| 5) De Leeuw, Leo. | 11) De Waterman, Aquarius. |
| 6) De Maagd, Virgo. | 12) De Visschen, Pisces. |

c) De zuidelijke:

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1) De Walvisch, Cetus. | 9) De Beker, Crater. |
| 2) Orion, Orion. | 10) De Raaf, Corvus. |
| 3) Eridanus, Eridanus. | 11) Centaurus, Centaurus. |
| 4) De Haas, Lepus. | 12) De Wolf, Lupus. |
| 5) De groote Hond, Canis major. | 13) Het Altaar, Ara. |
| 6) De kleine Hond, Canis minor. | 14) De zuidelijke Kroon, Corona australis. |
| 7) Het schip Argo, Argus. | 15) De zuidelijke Visch, Piscis austrinus. |
| 8) De Waterslang, Hydra. | |

Omtrent het ontstaan van deze namen bestaan een groot aantal mythen, en bijna de geheele Grieksche mythologie zoude behandeld moeten worden, als men den oorsprong der namen wenschte op te zoeken.

Bij deze 48 sterrenbeelden zijn het een na het ander in chronologische volgorde de volgende gevoegd:

- | | |
|--|---|
| 1) Het Hoofdhaar van Berenice, Coma Berenices. | 31) De Sextant, Sextans. |
| 2) Antinous, Antinous. | 32) De Beeldhouwerswerkplaats, Apparatus sculptoris. |
| 3) Phoenix, Phoenix. | 33) De scheikundige Oven, Apparatus chemicus. |
| 4) Tucan, Tucan. | 34) Het Slingeruurwerk, Horologium Pendulum. |
| 5) De kleine Waterslang, Hydrus. | 35) Het ruitvormige Net, Retculus rhomboidalis. |
| 6) De Duif, Columba. | 36) De Graveerstift, Caela sculptoris. |
| 7) De Zwaardvisch, Dorado. | 37) De Schildersezel, Pluteum Pictoris. |
| 8) De vliegende Visch, Piscis volans. | 38) Het Scheepskompas, Pyxis nautica. |
| 9) Het Kruis, Crux. | 39) De Lucht pomp, Antlia. |
| 10) Het Kameleon, Chamaeleon. | 40) De Octant, Octans. |
| 11) De Honingbij, Apis. | 41) De Passer, Circinus. |
| 12) De zuidelijke Driehoek, Triangulum australe. | 42) Winkelhaak en Liniaal, Norma et Regula. |
| 13) De Paradijsvogel, Avis Indica. | 43) De Verrekijker, Tubus astronomicus. |
| 14) De Pauw, Pav. | 44) Het Microscop, Microscopium. |
| 15) De Indiaan, Indus. | 45) De Tafelberg, Mons mensae. |
| 16) De Kraanvogel of Flamingo, Grus. | 46) Het Rendier, Rangifer. |
| 17) De Giraffe, Camelopardalus. | 47) De Brandenburgse Scepter, Sceptrum Brandenburgicum. |
| 18) De Vlieg, Musca. | 48) De Stier van Poniatowski, Taurus Poniatovii. |
| 19) De Eenhoorn, Monoceros. | 49) De Eer van Frederik, Honores Frederici. |
| 20) De Eik van Karel, Robur Caroli II. | 50) De Oogstbewaker, Custos messium. |
| 21) Het Hart van Karel II, Cor Caroli II. | 51) De Kluisenaar, Turulus solitarius. |
| 22) De Jachthonden, Canes Venatici. | 52) Het Muurkwadrant, Quadrans muralis. |
| 23) De Berg Maenalus, Mons Maenalus. | 53) De Harp van George, Harpa Georgii. |
| 24) Cerberus, Cerberus. | 54) De Telescoop van Herschel, Telescopium Herschelii. |
| 25) De Vos, Vulpecula. | 55) De Luchtballon, Globus aerostaticus. |
| 26) De Hagedis, Lacerta. | 56) De Boekdrukkerswerkplaats, Officina typographica. |
| 27) Het Schild van Sobiesky, Scutum Sobiesci. | 57) De Electriseermachine, Machina electrica. |
| 28) De Lynx, Lynx. | 58) De Kat, Felis. |
| 29) De kleine Leeuw, Leo minor. | 59) De groote Wolk, Nebecula major. |
| 30) De kleine Driehoek, Triangulum minus. | 60) De kleine Wolk, Nebecula minor. |

De twee eerste sterrenbeelden stammen nog af van den ouden tijd, de daaropvolgende 14 moeten door beroemde zeelieden, b. v. Amerigo Vespucci, Andreas Corsalis en Pedro de Medina, ingevoerd zijn. Jakob Bartsch (de schoonzoon van Kepler) heeft 7 nieuwe sterrenbeelden, Halley de sterrenbeelden n^o. 20 en 21, Hevelius n^o. 22—31, Lacaille n^o. 32—45, Lemonnier n^o. 46 en 51, Kirch n^o. 47, Poczobut n^o. 48, Bode n^o. 49, 56 en 57, Lalande n^o. 50, 52 en 58 ingevoerd. Verscheidene van deze sterrenbeelden zijn echter niet op onze kaarten (Plaat 1 en 2) gebracht, bovendien zijn daarop, om onduidelijkheid te voorkomen, alleen de grenzen der sterrenbeelden aangegeven, en de afbeeldingen, die men daarvoor verzonnen heeft, weggelaten.

Men heeft ook aan afzonderlijke sterren, voornamelijk aan de heldere, namen gegeven, welke deels uit het Grieksch en Latijn, voor het grootste gedeelte echter uit het Arabisch genomen zijn. Slechts weinige van deze namen worden nog gebruikt, de sterrenkundigen hebben algemeen voor de voornaamste vaste sterren de wijze van benaming aangenomen, welke de Augsburger rechter en sterrenkundige Johann Bayer in zijne in het jaar 1603 te Weenen uitgegeven „Uranometria“ aangeeft. De sterren in ieder sterrenbeeld duidde hij altijd naarmate harer helderheid met de Grieksche letters α , β , γ , δ , ϵ , enz. aan, terwijl, als men aan het einde van het alfabet was gekomen, nog eenige Latijnsche letters toegevoegd werden. Enkele sterren zijn ook nu met de nummers gemerkt, waarnaar zij in de sterrenlijsten op elkander volgen. Zoo noemde Bayer b. v. de helderste ster in den Wagenman α , de daaropvolgende in helderheid β , in den Leeuw de helderste α , de daaropvolgende in helderheid β enz.

Tot de thans nog dikwijls gebruikte namen voor de heldere sterren, die bijna allen van de eerste grootte zijn, behooren:

α Eridani	= Achernar	α Canis minoris	= Procyon
β Persei	= Algol	β Geminorum	= Pollux
α Tauri	= Aldebaran	α Leonis	= Regulus
α Aurigae	= Capella	α Virginis	= Spica
β Orionis	= Rigel	α Bootis	= Arkturus
γ „	= Bellatrix	α Coronae	= Gemma
α „	= Betelgeuze	α Scorpii	= Antares
α Argus	= Canopus	α Lyrae	= Vega
α Canis majoris	= Sirius	α Aquilae	= Altair
α Geminorum	= Castor	α Cygni	= Deneb.
	α Piscis austrini		= Fomalhaut.

b) Verdeeling in klassen naar de grootte; aantal der vaste sterren in iedere klasse, Sterrenlijsten, Sterrenkaarten.

De reeds genoemde verdeeling der sterren in klassen, naar hare grootte of helderheid, moet men zich niet zoodanig voorstellen alsof alle sterren van de 1^{ste} grootte even helder zijn, daarop dan volgen sterren der 2^{de} grootte, die weder in helderheid aan elkander gelijk, maar minder helder dan de sterren der 1^{ste} grootte zijn, enz. De sterren der 1^{ste} grootte verschillen onderling zeer in lichtkracht en de overgang tot sterren van de 2^{de} grootte is zeer trapsgewijs, alsook de overgang tot die der 3^{de} grootte. Wanneer men aan verschillende sterrenkundigen vraagt naar het aantal sterren van de 1^{ste}, 2^{de}, 3^{de} enz. grootte, zal men daarom niet juist dezelfde getallen verkrijgen, want de een brengt deze, de ander gene ster tot eene klasse van grootte welke een ander tot eene meer heldere of meer zwakke rekent; toch heeft men zich redelijk daarin geoefend en ook door bijzondere werktuigen, photometers, de verhouding der helderheid bepaald, die tusschen de sterren der 1^{ste} en die der 2^{de}, tusschen die der 2^{de} en die der 3^{de} grootte, enz. bestaat. Gemiddeld neemt men aan dat eene ster der 1^{ste} grootte $2\frac{1}{2}$ maal meer licht heeft dan eene ster der 2^{de} grootte, deze wederom $2\frac{1}{2}$ maal meer licht dan eene ster der 3^{de} grootte, enz., zoodat eene ster der 6^{de} grootte omtrent 100 maal zwakker licht geeft dan eene ster der 1^{ste} grootte. Dit getal wordt echter dadelijk aanzienlijk veranderd, als men de verhouding der lichthoeveelheden van de eene grootte tot de andere slechts een weinig wijzigt; neemt men voor die verhouding bij voorbeeld in plaats van $2\frac{1}{2}$ slechts $2\frac{3}{4}$ aan, dan zoude eene ster der 6^{de} grootte 172 malen zwakker zijn dan eene der 1^{ste} grootte, welk getal meer met dat, hetwelk door Steinheil gevonden werd, 182 namelijk, overeenkomt.

Hier zij tevens vermeld, ofschoon wij bij de beschrijving der zon daarop weder terugkomen, dat naar de nieuwste metingen van de vaste sterren die het dichtst bij ons zijn, de zon omtrent 56000 millioen malen meer licht heeft dan eene ster der 1^{ste} grootte, wier helderheid gelijk aan die van Capella is.

Het aantal sterren der 1^{ste} grootte bedraagt van 17 tot 24, Argelander telt er 20, welke wij hier willen laten volgen:

α Eridani, Achernar	γ Argus
α Tauri, Aldebaran	α Crucis
α Aurigae, Capella	α Virginis, Spica
β Orionis, Rigel	β Centauri
α Orionis, Betelgeuze	α Bootis, Arkturus
α Argus, Canopus	α Centauri
α Can. maj., Sirius	α Scorpii, Antares
α Can. min., Procyon	α Lyrae, Vega
β Geminorum, Pollux	α Aquilae, Altair
α Leonis, Regulus	α Piscis austrini, Fomalhaut.

Men telt 65 sterren van de 2^{de} grootte, 490 van de 3^{de}, 425 van de 4^{de}, 4100 nagenoeg van de 5^{de} en omtrent 3200 van de 6^{de} grootte. Omdat nu de sterren van de 6^{de} grootte met

het bloote oog nog even kunnen worden onderscheiden, bedraagt het aantal der met het ongewapend oog zichtbare sterren aan den geheelen hemel ten naastenbij 5000.

Dat aantal wordt aanzienlijk grooter, als men het oog wapent, dus als men een verrekijker ter hulp neemt. Een gewone tooneelkijker is reeds voldoende, om sterren van de 7^{de} grootte te zien, wier aantal omtrent 13000 bedraagt; een kijker, die een weinig meer vermogen heeft, een kleine zakijker, laat toe sterren van de 8^{ste} grootte, wier aantal op 40000 geschat wordt, te onderscheiden, en iedere volgende klasse bevat omtrent driemaal zoveel sterren. Naar de volbrachte waarnemingen bedraagt het getal sterren der 9^{de} grootte 140,000, zoodat de som van alle sterren tot en met die der 9^{de} grootte meer dan 200,000 behoort.

Indien men met een verrekijker sterren van de 10^{de} grootte, wier aantal meer dan 400,000 bedraagt, van de 11^{de} grootte ten getale van $1\frac{1}{2}$ miljoen en van de 12^{de} grootte ten getale van 4 miljoen zien kan, dan worden de sterren die met het gewapend oog gezien kunnen worden schier ontelbaar, en hoevele miljoenen sterren men met onze beste werktuigen zien kan, is ter nauwernood op te geven.

Om echter een benaderd getal daarvoor te geven, zullen wij, zooals nu algemeen gebruikelijk is, aannemen, dat de lichtmassa's der afzonderlijke sterren grootten in eene meetkundige reeks afnemen, dat dus iedere hogere klasse $2\frac{1}{2}$ maal meer licht heeft dan de voorgaande, en als men het lichtverlies door absorptie in de glazen der kijkers in acht neemt, en daarvoor, omdat bij grootere kijkers de glazen dikker zijn, voor iederen grooteren kijker in de volgende opgave 10 procent meer in rekening brengt, vindt men langs proefondervindelijken weg, dat men met een kijker van

10 ^{mm} Opening en minstens	2 malige vergr. sterren van de	7 ^{de} grootte
17 " " " "	4 " " " "	8 ^{ste} " "
27 " " " "	7 " " " "	9 ^{de} " "
45 " " " "	11 " " " "	10 ^{de} " "
76 " " " "	19 " " " "	11 ^{de} " "
130 " " " "	32 " " " "	12 ^{de} " "
220 " " " "	55 " " " "	13 ^{de} " "
370 " " " "	90 " " " "	14 ^{de} " "
630 " " " "	160 " " " "	15 ^{de} " "

zien kan. Voor een kijker van de laatstgenoemde afmetingen, zoude het getal der zichtbare sterren tot op 150 miljoen stijgen.

Onze grootste kijkers hebben nauwelijks de laatst opgegevene afmetingen. De refractoren te Berlijn, Dorpat, Upsala, Hamburg en Rome hebben nagenoeg eene opening van 250^{mm}, die te Kopenhagen, München en Greenwich 300^{mm}, die te Pulkowa en Cambridge (Amerika) 400^{mm}, en eenige nieuwere werktuigen van deze soort in Amerika en Engeland 500—600^{mm} opening.

Met de groote spiegeltlescopen, hebbende een spiegel van een meter middellijn, en zelfs nog grootere spiegels, ziet men niet veel meer sterren, zoodat met de thans voortgebrachte optische hulpmiddelen het aantal sterren niet meer dan 100 miljoen bedraagt.

De verhouding, die bestaat tusschen de lichthoeveelheden der sterren onderling, hebben wij, zooals thans gebruikelijk is, voorgesteld door eene meetkundige reeks. Men heeft dat echter niet altijd gedaan en ook wel daarvoor eene rekenkundige reeks genomen. W. en J. Herschel spreken b. v. van sterren van de 20^{ste} en hogere klasse, welke wij nu ter nauwernood tot de 14^{de} grootte brengen. Dat verschil in het aannemen der grootte bestaat nu niet meer in die mate, sedert wij eene meer juiste omschrijving van de grootte der sterren hebben en photometrische metingen volbracht werden.

Hoevele lichthoeveelheden der 1^{ste} grootte onderling verschillen is reeds gezegd: enkele van die sterren zijn aanzienlijk meer lichtgevend dan andere, en in den nieuweren tijd hebben eenigen de ster Procyon in den kleinen Hond, en anderen Weg in de Lier of Capella in den Wagenman als sterren van eene gemiddelde 1^{ste} grootte aangenomen. De sterren Regulus in den Leeuw, Aldebaran in den Stier hebben nauwelijks half zoveel licht als Weg, terwijl Sirius volgens verscheidene photometrische bepalingen minstens twee malen zoveel, volgens sommige vier malen zoveel licht heeft als Weg of Capella.

Lijsten waarin de sterren vermeld zijn naar hare polaire coördinaten, lengte en breedte of rechte opklimming en declinatie, noemt men sterrenlijsten, van welke wij thans eene groote menigte bezitten. Uit een geschiedkundig oogpunt zijn alleen merkwaardig de sterrenlijst van Hipparchus, die welke Ptolemaeus in de „Almagest“ geeft, en waarin 1026 sterren voorkomen, eene van den sterrenkundige Ulugh Beg, den kleinzoon van Tamerlan, 1019 sterren bevattende, waaraan een commentaar met 300 sterren toegevoegd is, en eene lijst van Tycho Brahe, waarin 770 door hem waargenomen sterplaatsen voorkomen. Onder de latere lijsten van Hevelius, Halley, Lacaille, Tobias Mayer, Flamsteed en Bradley heeft de laatste, waarin 3222 sterplaatsen voorkomen, die Bessel nauwkeurig herleidde en in een werk getiteld „Fundamenta astronomiae“ uitgaaf, de meeste waarde. De sterrenlijst van Piazzi voor het jaar 1800 bevat 7646 sterren, die van Lalande „Histoire céleste française“ naar

de Engelsche uitgaaf, 47319 sterplaatsen; de Zonae van Bessel omvatten 75014 waarnemingen van sterren, die liggen binnen een gordel aan den hemel van 15^{de} zuidelijke declinatie, aan welke zich de Zonae van Argelander van 45^{de} tot 80^{de} noordelijke declinatie met hare 26425 sterren en de zuidelijke Zonae van 15^{de} tot 31^{de} zuidelijke declinatie met 23250 sterren aansluiten. Het grootste aantal van benaderd bepaalde sterplaatsen bevat de „Durchmusterung“ van Argelander, welke zich uitstrekt van 2^{de} zuidelijke declinatie tot aan de noordpool en waarin 324198 sterren van de 1^{ste} tot de 9^{de}—10^{de} grootte voorkomen.

De meest beroemde sterrenkaarten zijn: de in het jaar 1603 door Bayer uitgegevene „Uranometria“, de in 1729 uitgegeven atlas van Flamsteed (waarvan verscheidene uitgaven bestaan), dan de „Uranographie“ van Bode (grote en kleine uitgave), de atlas van Harding (sterren tot de 9^{de} grootte bevattende, en bij welks vervaardiging in het begin van deze eeuw de eerste kleine planeet, namelijk Juno, gevonden is), en verder de voor sterren van de 6^{de} grootte voortreffelijke „Uranometria nova“ van Argelander.

Onder de sterrenkaarten voor telescopische sterren moeten in de eerste plaats vermeld worden de 24 door de Academie te Berlijn uitgegeven bladen, welke van — 15^{de} tot + 15^{de} reiken en onder den naam van de „Academische Sternkarten“ bekend zijn; de meest omvangrijke van alle sterrenkaarten is echter de „Atlas des nördlichen gestirnten Himmels“ van Argelander, uitgegeven in 40 groote bladen, die de plaatsen van de reeds genoemde 324198 sterren bevatten.

Op onze platen 1, 2 en 3 is de sterrenhemel afgebeeld en wel op Plaat 1 Fig. 1 de noordelijke hemel van de pool tot den aequator met alle sterren tot de 5^{de} grootte, die door verschillende teekens van elkander onderscheiden en gemakkelijk te vinden zijn; plaat 2 Fig. 1 stelt op gelijke wijze den zuidelijken hemel voor, en omdat op die wijze de sterrenbeelden van den aequator en van den dierenriem gescheiden zijn, bevat Plaat 3 een aequator-gordel van — 30^{de} tot + 30^{de}, terwijl al de drie kaarten gelden voor het jaar 1875.

De figuren der sterrenbeelden zijn niet getekend, maar alleen zijn hunne grenzen door gestippelde lijnen aangegeven. In ieder sterrenbeeld staat de Latijnsche naam, en bij de hoofdsternen zijn Grieksche letters gevoegd. De Melkweg en de voor het ongewapend oog zichtbare sterrenhoopen en nevelvlakken zijn door groepen van stippen aangegeven.

Bovendien zijn op de kaarten gebracht de parallelcirkels van 15 tot 15 graden, de nuncircels van uur tot uur en de ecliptica. De namen der maanden, die aan den rand staan op Plaat 1 en 2, beteekenen den tijd, waarop de zon in het daartegenoverstaande sterrenbeeld van den dierenriem staat. Dat sterrenbeeld culmineert alzoo des middags, of dat hetwelk 6 sterrenbeelden daarvan verwijderd is des middernachts.

Om de sterrenbeelden te leeren kennen gebruikt men eene eenvoudige leermethode. Men begint met een reeds bekend, gemakkelijk te vinden sterrenbeeld, trekt, zooals men ook op de kaarten gedaan heeft, door de heldere sterren rechte strepen, verlengt die strepen tot op eene bepaalde lengte en komt dan op andere sterrenbeelden en sterren. Gaat men b. v. uit van den grooten Beer, trekt men door α en β een streep, en verlengt men die streep aan de zijde van α tot op vijf malen hare lengte, dan komt men aan de poolster, welke tot den kleinen Beer behoort en dicht bij de noordpool staat. In tegenovergestelde richting van de noordpool, nagenoeg even ver van haar verwijderd als de groote Beer, ligt een sterrenbeeld welks hoofdsternen een groote W vormen — namelijk Cassiopeja. Denkt men eene lijn, welke den grooten Beer aan Cassiopeja verbindt en ook door de noordpool gaat, en trekt men door de noordpool een lijn loodrecht op die richting, dan komt men op een afstand, een weinig grooter dan die tusschen den Beer en de pool, aan beide zijden aan twee heldere sterren van de 1^{ste} grootte, namelijk Weg in de Lier en Capella in den Voerman. Het verder doortrekken van zulke strepen leidt tot de kennis van alle sterrenbeelden; die kennis noemt men de Astrognosie en de handelwijze zelve noemt men de methode der alignementen.

c) De veranderingen aan den sterrenhemel, tweeegebracht door de Praecessie, Nutatie en Aberratie.

Onze sterrenkaarten gelden voor het jaar 1875, maar het nulpunt der verdeling, het snijpunt gevormd door den aequator en de ecliptica verplaatst zich door de aantrekking, die de maan en de zon op onze afgeplatte aarde (zie de natuurkundige sterrenkunde) uitoefent, onop-houdelijk op zoodanige wijze, dat dit nulpunt jaarlijks 50."2 terugwijkt. Dit teruggaan van het nulpunt noemt men de Praecessie, en brengt tweeweg, dat de pool van den aequator zich in een tijdvak van 26000 jaren om de pool van de ecliptica beweegt, zooals Plaat 11 Fig. 3 aangeeft, waarin A B den aequator op een zeker tijdstip voorstelt, en A' B' den in een tijdvak van 13000 jaren veranderden stand van den aequator. Eene kleine schommeling van de as der aarde, welke men Nutatie noemt, en die in Fig. 3 Plaat 11 door de gegolfde streep p p' voorgesteld is, buiten rekening latende, wordt de lengte van ieder hemellichaam door de praecessie de reeds genoemde grootheid van 50."2 gewijzigd, terwijl de breedte der hemellichamen geheel onveranderd blijft. Deze verandering der lengte heeft ook veranderingen in rechte opklimming en declinatie ten gevolge, welke praecessie in rechte opklimming en declinatie genoemd worden.

Door de praecessie verplaatst zich nu de pool van den aequator aan den hemel, en de ster der 2^{de} grootte Ursae minoris, welke tegenwoordig het dichtst bij de pool staat en daarom poolster genoemd wordt, droeg voor de geboorte van Christus dezen naam niet; de reeds genoemde sterrenkundige Hipparchus kon den naam poolster voor deze ster niet gebruiken. Thans is de poolster niet meer dan 1^o 22' van de pool verwijderd, nog 300 jaren nadert de pool haar al meer en meer, en na verloop van dien tijd zal de afstand niet meer dan 21' zijn. Na verloop van 2300 jaren zal eene andere ster, γ Cephei, aanspraak op den naam van poolster kunnen maken, ofschoon zij 1^o 51' van de pool verwijderd blijft. Nog later zullen β en α Cephei, als ook δ Cygni het dichtst bij de pool staan, en na omtrent 12000 jaren zal de ster der 1^{ste} grootte Wega in het sterrenbeeld de Lier de meest volkomene poolster zijn; dan volgen ϵ Herculis, τ Herculis, ϵ Draconis, α Draconis, γ Draconis, totdat na 25000 jaren de tegenwoordige poolster weder aanspraak op dien naam maken kan.

Het nulpunt der verdeling 0^o in het teeken van den Ram viel 300 jaren voor de geboorte van Christus met het begin van het sterrenbeeld de Ram, 1400 jaren voor Christus met het midden van dit sterrenbeeld samen; nu ligt het nagenoeg in het begin van het sterrenbeeld de Visschen, en na 10000 jaren zal dat punt in het sterrenbeeld de Weegschaal vallen.

Voor een zeker punt op de aarde veranderden dus de boven den horizon zichtbare sterrenbeelden en na duizenden jaren zullen op onze breedte de sterrenbeelden de Raaf, de Beker, de Waterslang, de groote Hond (met de schitterende ster Sirius), de Eenhoorn, Orion, de kleine Hond, Eridanus, de Walvisch en de zuidelijke Visch verdwijnen. Daarentegen komen achtereenvolgens te voorschijn: de sterrenbeelden Centaurus, het zuidelijke Kruis, een deel van den Eik van Karel, de Wolf, de zuidelijke Driehoek, Altair, de zuidelijke Kroon, de Pauze, de Indiaan, de Paradijsvogel, Tukan, de Kraanvogel, Phoenix en het nu nog onzichtbare gedeelte van Eridanus.

Behalve door de Nutatie, wier periode bijna 18 jaren bedraagt en die de plaatsen der hemellichamen alleenlijk bijna 10 boogseconden (in den grooten cirkel) verandert (zie natuurkundige

sterrenkunde), ondergaan de sterplaatsen nog eene kleine verandering hierdoor, dat de snelheid van de beweging van het licht niet oneindig groot is, het licht zich niet plotselijk voortplant.

Omdat de aarde zich in het wereldruim voortbeweegt, zal een lichtstraal, welke nu van een hemellichaam b. v. van de zon naar de aarde gericht is, niet meer de aarde treffen, maar hij gaat haar voorbij, wijl zij zich voortbewogen heeft, en indien de lichtstraal de aarde treft, kan hij niet gericht zijn in de lijn waarin op dat oogenblik de aarde en de zon gelegen zijn, maar naar eene plaats die de aarde door hare voortgaande beweging in den tijd bereikt, welken het licht behoeft om tot de aarde te komen. Het verschil in beide richtingen noemt men Aberratie van het licht. Zij bedraagt, omdat het licht in eene seconde 120000 mijlen en in dienzelfden tijd de aarde 4.1 mijlen aflegt, ten hoogste, als beide bewegingen loodrecht op elkander staan, 20.4 boogseconden.

De plaats, waarop men een hemellichaam werkelijk ziet, moest men de schijnbare noemen; gewoonlijk verstaat men echter onder schijnbare plaats die, welke men verkrijgt, als men de straalbreking in den dampkring niet in acht neemt, en zich geplaatst denkt in het middelpunt van de aarde. — Het bedrag der nutatie en aberratie, is in de schijnbare plaats begrepen. De plaats van eene ster, welke bevrijd is van den invloed van aberratie, nutatie en een deel der praecessie, welke zich op een bepaald oogenblik ophoopt, noemt men de middelbare plaats van de ster voor dat oogenblik, en om een overzicht te geven van de inrichting der sterrenlijsten, zullen wij de plaatsen van alle sterren tot de 4^{de} grootte samenstellen, en wel geldende voor het begin van het jaar 1875. Om de sterren gemakkelijker voor een ander tijdstip te kunnen herleiden, is er het bedrag der praecessie aan toegevoegd.

In de volgende tabel bevat de eerste kolom de namen der sterren en die der sterrenbeelden, waarin zij staan, de tweede de grootte, de derde de rechte opklumming (Ascensio recta A R), de vierde de praecessie in rechte opklumming, de vijfde de declinatie (Declinatio, δ) en bovendien beduidt + noordelijk van den aequator, — zuidelijk van den aequator, en eindelijk bevat de zesde kolom de praecessie in declinatie.

Bij de praecessie is, waar het mogelijk was, tevens de jaarlijksche eigen beweging gevoegd.

Lijst van alle vaste sterren tot de 4^{de} grootte, geldende voor het jaar 1875.

BENAMING.	Grootte.	Rechte opklumming.	Jaarlijksche verandering.	Declinatie.	Jaarlijksche verandering.	BENAMING.	Grootte.	Rechte opklumming.	Jaarlijksche verandering.	Declinatie.	Jaarlijksche verandering.	BENAMING.	Grootte.	Rechte opklumming.	Jaarlijksche verandering.	Declinatie.	Jaarlijksche verandering.
α Andromedae	2	0 1 55	+ 3.09	+ 28 24.0	+ 0.33	α Eridani	1	1 33 3	+ 2.23	- 57 52.3	+ 0.31	μ Tauri	4.5	8 45	+ 3.25	+ 8 34.8	+ 0.16
β Cassiopeiae	2.3	2 31	+ 3.16	+ 58 27.6	+ 0.33	γ Persei	4	35 50	+ 3.72	+ 50 3.5	+ 0.31	γ " "	4	12 41	+ 3.41	+ 15 19.4	+ 0.15
ϵ Phoenicis	4	3 4	+ 3.06	+ 46 26.1	+ 0.33	ϵ Ceti	4	38 19	+ 2.90	- 16 36.1	+ 0.30	γ Doradus	4	12 45	+ 1.55	- 51 48.2	+ 0.15
γ Pegasi	3.2	6 48	+ 3.08	+ 14 29.3	+ 0.34	α Piscium	4	38 48	+ 3.16	+ 8 31.7	+ 0.30	α Reticuli	3	12 49	+ 0.75	- 62 47.3	+ 0.15
α Andromedae	4.5	11 47	+ 3.12	+ 35 5.5	+ 0.33	ζ Ceti	3	45 17	+ 2.96	- 10 57.2	+ 0.30	ϵ^1 Eridani	3.4	13 10	+ 2.26	- 34 6.3	+ 0.15
ϵ Ceti	3.4	13 4	+ 3.06	- 9 31.0	+ 0.33	γ Cassiopeiae	3.4	45 25	+ 4.24	+ 63 3.2	+ 0.30	δ^1 Tauri	4	15 44	+ 3.46	+ 17 14.8	+ 0.15
β Hydri	3	18 9	+ 3.26	- 77 57.5	+ 0.33	α Trianguli	4.3	45 58	+ 3.40	+ 28 58.1	+ 0.30	ϵ^2 Eridani	4	19 20	+ 2.25	- 34 18.5	+ 0.14
α Phoenicis	2	20 6	+ 2.97	- 42 58.9	+ 0.33	γ Arietis	4.3	46 40	+ 3.28	+ 18 40.8	+ 0.30	ϵ Tauri	4.3	21 19	+ 3.50	+ 18 54.1	+ 0.14
β^1 Toucanae	4	25 48	+ 2.78	- 63 38.8	+ 0.33	ζ Piscium	4	47 5	+ 3.10	+ 2 34.2	+ 0.30	δ^1 " "	4	21 26	+ 3.41	+ 15 41.0	+ 0.14
α Cassiopeiae	4.5	25 54	+ 3.36	+ 62 14.5	+ 0.33	β Arietis	3.2	47 44	+ 3.30	+ 20 11.8	+ 0.30	δ^2 " "	4	21 32	+ 3.41	+ 15 35.5	+ 0.14
ζ " "	4	30 1	+ 3.31	+ 53 12.5	+ 0.33	β Eridani	4	51 3	+ 2.27	- 52 14.0	+ 0.30	ϵ^1 Eridani	4	28 37	+ 2.36	- 30 1.0	+ 0.13
α Andromedae	4	30 12	+ 3.18	+ 33 1.9	+ 0.33	ϵ Cassiopeiae	4	52 48	+ 4.97	+ 71 48.9	+ 0.29	α Tauri	1	28 45	+ 3.44	+ 16 15.4	+ 0.13
ζ " "	4	31 57	+ 3.16	+ 28 37.9	+ 0.33	ϵ Ceti	4	54 7	+ 2.28	- 21 41.0	+ 0.29	ν Eridani	3.4	30 4	+ 2.99	- 3 36.6	+ 0.13
δ " "	3	32 39	+ 3.19	+ 30 10.6	+ 0.33	α Hydri	3	54 49	+ 1.85	- 62 10.7	+ 0.29	ϵ^2 " "	4.3	30 42	+ 2.33	- 30 49.2	+ 0.13
α Cassiopeiae	2.3	33 25	+ 3.36	+ 55 51.1	+ 0.33	α Piscium	3.4	55 35	+ 3.09	+ 2 9.6	+ 0.29	ϵ^3 Doradus	3	31 18	+ 1.28	- 55 18.3	+ 0.13
β Ceti	2	37 19	+ 3.01	- 18 41.0	+ 0.33	γ Andromedae	2.3	56 14	+ 3.65	+ 41 43.7	+ 0.29	ϵ Trianguli	4	32 28	+ 2.75	- 14 32.9	+ 0.12
α Andromedae	4.3	40 43	+ 3.17	+ 23 35.2	+ 0.33	ϵ Arietis	2	0 8	+ 3.37	+ 23 52.2	+ 0.29	ϵ Tauri	4.5	34 45	+ 3.59	+ 22 42.9	+ 0.12
γ Cassiopeiae	4.3	41 33	+ 3.58	+ 57 9.1	+ 0.32	β Trianguli	3	2 6	+ 3.55	+ 34 23.7	+ 0.29	ϵ Eridani	4.3	39 15	+ 3.00	- 3 29.1	+ 0.12
δ Piscium	4.5	42 12	+ 3.10	+ 6 54.3	+ 0.33	γ " "	4.5	9 53	+ 3.54	+ 33 16.1	+ 0.28	ϵ Camelopardi	4	41 38	+ 5.91	+ 66 7.6	+ 0.11
ν Andromedae	4	42 55	+ 3.27	+ 40 23.9	+ 0.33	ϵ Eridani	4	12 3	+ 2.14	- 52 5.4	+ 0.28	ϵ^3 Orionis	4	43 8	+ 3.22	+ 6 44.5	+ 0.11
γ Cassiopeiae	2	49 11	+ 3.57	+ 60 2.3	+ 0.33	ϵ Ceti	var.	13 2	+ 3.03	- 33 8.8	+ 0.28	α Orionis	4.5	44 33	+ 3.19	+ 5 23.4	+ 0.11
μ Andromedae	4	49 49	+ 3.30	+ 37 49.2	+ 0.33	γ Cassiopeiae	4	18 47	+ 4.84	+ 66 50.3	+ 0.27	α Eridani	4.5	46 45	+ 2.94	- 5 39.8	+ 0.11
δ H. Cephei	4.5	52 1	+ 6.96	+ 85 35.1	+ 0.33	δ Hydri	4	19 32	+ 1.05	- 69 13.8	+ 0.27	ϵ^3 Orionis	4	47 44	+ 3.12	+ 2 14.0	+ 0.10
ϵ Piscium	4	56 27	+ 3.11	+ 7 13.0	+ 0.32	β Ceti	4	21 31	+ 3.18	+ 7 53.9	+ 0.27	ν Aurigae	3	48 51	+ 3.90	+ 32 58.0	+ 0.10
β Phoenicis	3	1 0 31	+ 2.70	- 47 23.3	+ 0.32	δ Ceti	4	32 5	+ 3.07	- 0 12.7	+ 0.26	ϵ Camelopardali	4	52 18	+ 5.31	+ 60 15.4	+ 0.10
γ Ceti	3	2 18	+ 3.00	- 10 50.6	+ 0.32	δ Persei	4	35 40	+ 4.06	+ 48 41.9	+ 0.26	ϵ Aurigae	4	53 0	+ 4.29	+ 43 38.2	+ 0.10
β Andromedae	2.3	2 44	+ 3.34	+ 34 57.4	+ 0.32	ϵ Eridani	4	35 44	+ 2.36	- 40 23.4	+ 0.26	ζ " "	4	53 45	+ 4.18	+ 40 53.5	+ 0.10
δ Cassiopeiae	4.5	3 29	+ 3.58	+ 54 29.1	+ 0.32	γ Ceti	3.4	36 49	+ 3.10	+ 2 42.5	+ 0.26	ϵ " "	4.3	57 45	+ 4.20	+ 41 3.8	+ 0.09
ϵ Piscium	4	4 47	+ 3.29	+ 29 25.5	+ 0.32	μ " "	4	38 11	+ 3.23	+ 9 35.1	+ 0.26	ϵ Leporis	4	5 0 10	+ 2.53	- 22 32.4	+ 0.09
ν " "	4	12 36	+ 3.28	+ 26 36.4	+ 0.32	ϵ^1 Eridani	4.5	39 16	+ 2.77	- 19 6.2	+ 0.26	β Eridani	3	1 42	+ 2.95	- 5 15.0	+ 0.08
α Ursae minoris	2	12 59	+ 20.24	+ 88 38.6	+ 0.32	γ Persei	4.3	41 35	+ 4.33	+ 55 22.5	+ 0.25	λ " "	4	3 10	+ 2.87	- 8 55.0	+ 0.08
δ Cassiopeiae	3	17 39	+ 3.86	+ 59 35.1	+ 0.31	ϵ^1 Arietis	4	42 38	+ 3.51	+ 26 44.6	+ 0.25	μ Leporis	3.4	7 19	+ 2.69	- 16 21.3	+ 0.08
ϵ Ceti	3	17 47	+ 3.00	- 8 49.7	+ 0.31	ϵ Persei	4	45 24	+ 4.21	+ 52 14.9	+ 0.25	ϵ Aurigae	1	7 27	+ 4.42	+ 45 52.1	+ 0.07
γ Phoenicis	3	22 57	+ 2.62	- 43 57.4	+ 0.31	γ Eridani	3	50 19	+ 2.93	- 9 23.8	+ 0.24	ϵ Leporis	4	7 28	+ 2.77	- 13 5.4	+ 0.08
γ Piscium	4.3	24 48	+ 3.20	+ 14 42.0	+ 0.31	ϵ Arietis	4.5	52 4	+ 2.43	+ 20 50.4	+ 0.24	ϵ^1 Orionis	1	8 32	+ 2.81	- 8 29.9	+ 0.07
δ Phoenicis	4	26 3	+ 2.49	- 49 43.5	+ 0.31	δ Eridani	3	53 31	+ 2.28	- 40 48.4	+ 0.24	ϵ " "	4	11 32	+ 2.91	- 6 57.9	+ 0.07
ν Andromedae	4.5	29 28	+ 3.70	+ 40 46.9	+ 0.31	ϵ Ceti	2.3	55 45	+ 3.13	+ 3 35.9	+ 0.24	ϵ " "	4	13 49	+ 2.76	- 13 18.4	+ 0.07
ν Persei	4.3	30 20	+ 3.64	+ 47 59.6	+ 0.31	γ Persei	3	55 45	+ 4.30	+ 53 0.9	+ 0.24	ϵ " "	3.4	18 12	+ 3.01	- 2 30.9	+ 0.06

BENAMING.	Grootte.	Rechte opkl.- ming.	Jaarlijk- sche ver- andering.	Declinatie.	Jaarlijk- sche ver- andering.	BENAMING.	Grootte.	Rechte opkl.- ming.	Jaarlijk- sche ver- andering.	Declinatie.	Jaarlijk- sche ver- andering.	BENAMING.	Grootte.	Rechte opkl.- ming.	Jaarlijk- sche ver- andering.	Declinatie.	Jaarlijk- sche ver- andering.	BENAMING.	Grootte.	Rechte opkl.- ming.	Jaarlijk- sche ver- andering.	Declinatie.	Jaarlijk- sche ver- andering.
<i>β</i> Tauri	2	5 18 23	+ 3.79	+ 28 30.0	+ 0.06	<i>α</i> Ursae majoris	3.4	8 19 52	+ 5.04	+ 61 8.0	- 0.19	<i>λ</i> Draconis	3.4	11 23 58	+ 3.64	+ 70 1.2	- 0.33	<i>γ</i> Centauri	3	14 27 35	+ 3.78	- 41 36.5	- 0.27
<i>γ</i> Orionis	2	18 30	+ 3.22	+ 6 14.1	+ 0.06	<i>δ</i> Argūs	2	19 57	+ 1.24	- 59 6.4	- 0.19	<i>ε</i> Hydrae	4	20 52	+ 3.95	- 31 9.9	- 0.33	<i>α</i> Centauri	1	31 8	+ 4.03	- 60 18.9	- 0.26
<i>β</i> Leporis	2.5	22 53	+ 2.57	- 20 51.6	+ 0.06	<i>γ</i> Hydrae	4.5	31 3	+ 3.18	+ 6 8.4	- 0.20	<i>δ</i> Centauri	4	30 3	+ 2.74	- 62 19.7	- 0.33	<i>α</i> Circini	4	32 27	+ 4.80	- 64 25.6	- 0.26
<i>δ</i> Orionis	2.5	25 37	+ 3.07	+ 0 23.6	+ 0.05	<i>γ</i> Cancri	4.5	36 3	+ 3.49	+ 21 55.1	- 0.21	<i>θ</i> Grateris	4	30 21	+ 3.04	- 9 6.6	- 0.33	<i>α</i> Lupi	3	33 38	+ 3.96	- 46 51.0	- 0.26
<i>α</i> Columbae	3	26 46	+ 2.13	- 35 33.8	+ 0.05	<i>α</i> Argūs	4	36 43	+ 1.72	- 52 28.7	- 0.21	<i>γ</i> Virginis	4.5	39 26	+ 3.99	+ 7 13.9	- 0.33	<i>γ</i> Bootis	4	34 51	+ 2.82	- 5 6.8	- 0.26
<i>α</i> Leporis	3	27 13	+ 2.65	- 17 54.8	+ 0.05	<i>δ</i> Cancri	4	37 35	+ 3.42	+ 18 36.7	- 0.22	<i>γ</i> Ursae majoris	4	39 27	+ 3.20	+ 48 28.3	- 0.33	<i>γ</i> Bootis	3.4	35 11	+ 2.86	+ 14 15.9	- 0.26
<i>δ</i> Orionis	4	28 15	+ 3.30	+ 9 50.9	+ 0.05	<i>α</i> Argūs	4	38 34	+ 2.41	- 32 44.1	- 0.21	<i>β</i> Leonis	4.5	41 33	+ 3.11	+ 20 54.9	- 0.33	<i>α</i> Virginis	4	36 28	+ 3.16	- 27 36.1	- 0.26
<i>θ</i> " "	5.4	29 8	+ 2.93	- 5 28.4	+ 0.05	<i>α</i> Cancri	4	39 8	+ 3.65	+ 29 12.9	- 0.22	<i>β</i> " "	2	42 41	+ 3.07	+ 15 16.2	- 0.33	<i>γ</i> Bootis	2.3	39 32	+ 3.62	- 27 36.1	- 0.26
<i>ε</i> " "	3	29 19	+ 2.93	- 5 59.6	+ 0.04	<i>ε</i> Hydrae	3.4	40 9	+ 3.18	+ 6 52.6	- 0.22	<i>β</i> Virginis	3.4	44 11	+ 3.12	+ 2 28.1	- 0.33	109 Virginis	4.3	39 56	+ 3.03	+ 2 25.2	- 0.26
<i>ζ</i> " "	3	29 52	+ 3.04	- 11 7.0	+ 0.04	<i>δ</i> Argūs	3	41 15	+ 1.65	- 54 14.9	- 0.22	<i>β</i> Hydrae	4	46 36	+ 3.02	- 33 12.7	- 0.33	<i>α</i> Librae	3	43 46	+ 3.31	- 15 28.6	- 0.25
<i>ζ</i> Tauri	3.4	30 11	+ 3.58	+ 21 3.8	+ 0.04	<i>ζ</i> Hydrae	3.4	48 47	+ 3.18	+ 6 25.2	- 0.22	<i>γ</i> Ursae majoris	2.3	47 15	+ 3.19	+ 54 23.4	- 0.33	<i>α</i> " "	3	43 58	+ 3.31	- 15 31.2	- 0.25
<i>α</i> Orionis	4.3	32 28	+ 3.01	- 2 40.4	+ 0.04	<i>ε</i> Ursae majoris	3	50 38	+ 4.14	+ 48 31.8	- 0.23	<i>π</i> Virginis	4	54 28	+ 3.07	+ 7 18.7	- 0.33	<i>ε</i> Bootis	4	45 37	+ 2.76	+ 19 37.2	- 0.25
<i>β</i> Doradus	4	32 33	+ 0.51	- 62 34.3	+ 0.04	<i>α</i> Cancri	4	51 39	+ 3.28	+ 12 20.4	- 0.23	<i>δ</i> " "	4	55 50	+ 3.06	+ 9 25.6	- 0.33	<i>β</i> Lupi	3	50 21	+ 3.90	- 42 37.7	- 0.25
<i>δ</i> Orionis	2	34 27	+ 3.02	- 2 0.6	+ 0.04	10 Ursae majoris	4	52 31	+ 3.92	+ 42 16.6	- 0.23	<i>δ</i> Centauri	3	12 15	+ 3.08	- 50 1.6	- 0.33	<i>α</i> Centauri	3	51 2	+ 3.38	- 41 36.0	- 0.25
<i>α</i> Columbae	2	35 7	+ 2.17	- 34 8.5	+ 0.04	<i>α</i> " "	3.4	55 5	+ 4.13	+ 47 38.9	- 0.23	<i>ε</i> Corvi	3	3 42	+ 3.08	- 21 55.4	- 0.33	<i>γ</i> Ursae minoris	2	51 5	+ 3.25	+ 74 40.0	- 0.25
<i>γ</i> Leporis	4	39 16	+ 2.52	- 22 29.2	+ 0.03	<i>λ</i> Argūs	3	9 32 24	+ 2.20	- 42 55.7	- 0.24	<i>δ</i> Centauri	4	5 8	+ 3.11	- 51 40.3	- 0.33	<i>γ</i> Scorpii	3.4	56 46	+ 3.50	- 24 47.3	- 0.24
<i>α</i> Orionis	3.2	41 18	+ 2.72	- 14 52.2	+ 0.03	<i>α</i> Caninae	4.5	4 30	+ 0.52	- 70 2.2	- 0.24	<i>δ</i> Crucis	3	8 31	+ 3.15	- 58 3.2	- 0.33	<i>ε</i> Bootis	3	57 14	+ 2.26	+ 40 53.1	- 0.24
<i>γ</i> Aurigae	4	41 50	+ 2.84	- 9 43.0	+ 0.03	<i>θ</i> Hydrae	4	7 52	+ 3.12	+ 2 50.4	- 0.25	<i>δ</i> Ursae majoris	3.4	9 14	+ 3.01	+ 57 43.6	- 0.33	<i>γ</i> " "	4.5	59 5	+ 2.57	+ 27 26.2	- 0.24
<i>δ</i> Leporis	4	42 50	+ 4.15	+ 39 6.6	+ 0.03	28 Lynceis	4	11 4	+ 3.75	+ 37 19.8	- 0.25	<i>γ</i> Corvi	2	9 23	+ 3.09	- 16 50.8	- 0.33	<i>ζ</i> Lupi	4	15 8 19	+ 4.28	- 51 37.3	- 0.23
<i>β</i> Columbae	3	43 56	+ 2.56	- 20 53.2	+ 0.02	<i>β</i> Argūs	1	11 50	+ 0.71	- 69 12.2	- 0.25	<i>γ</i> Virginis	3.4	13 31	+ 3.07	+ 0 1.7	- 0.33	<i>γ</i> Trianguli aust.	3	7 16	+ 3.51	- 68 12.9	- 0.23
<i>α</i> Orionis	1	46 33	+ 2.11	- 35 49.2	+ 0.02	40 Lynceis	3.4	13 26	+ 3.67	+ 34 55.2	- 0.25	<i>α</i> Crucis	1	19 39	+ 3.77	- 62 24.3	- 0.33	<i>δ</i> Librae	2	10 17	+ 3.23	- 8 55.2	- 0.23
<i>δ</i> Aurigae	4.5	48 24	+ 3.25	+ 7 22.9	+ 0.02	<i>α</i> Argūs	2	13 45	+ 1.60	- 58 45.0	- 0.25	<i>π</i> Centauri	4.5	21 43	+ 3.17	- 38 20.9	- 0.33	<i>δ</i> Bootis	3	10 28	+ 2.42	+ 33 46.9	- 0.23
<i>β</i> " "	2	49 11	+ 4.44	+ 54 16.3	+ 0.01	<i>α</i> " "	3	18 10	+ 1.80	- 54 28.7	- 0.25	<i>δ</i> Corvi	2.3	38 25	+ 3.11	- 15 49.1	- 0.33	<i>δ</i> Lupi	4	13 10	+ 3.91	- 40 11.7	- 0.22
<i>α</i> " "	2	50 22	+ 4.40	+ 44 55.9	+ 0.01	1 H. Draconis	4.5	19 5	+ 9.13	+ 81 52.6	- 0.25	<i>γ</i> Crucis	2	24 15	+ 3.28	- 56 24.6	- 0.33	<i>α</i> " "	4	14 12	+ 3.95	- 44 14.3	- 0.22
<i>γ</i> Leporis	3	50 43	+ 2.73	- 14 11.6	+ 0.01	<i>α</i> Hydrae	2	21 27	+ 2.95	- 8 7.1	- 0.26	<i>γ</i> Muscae	4	25 2	+ 3.51	- 17 26.5	- 0.33	<i>α</i> Bootis	4.3	19 46	+ 2.27	+ 37 49.0	- 0.21
<i>δ</i> Aurigae	3	51 12	+ 4.09	+ 87 12.1	+ 0.01	<i>h</i> Ursae majoris	3.4	21 59	+ 4.81	+ 63 36.4	- 0.26	<i>δ</i> Corvi	2.3	27 46	+ 3.14	- 22 42.3	- 0.33	<i>γ</i> Ursae minoris	3	20 57	+ 0.14	+ 72 16.7	- 0.21
<i>β</i> Columbae	4	53 6	+ 2.12	- 35 17.9	+ 0.01	<i>δ</i> " "	3	24 29	+ 4.05	+ 52 14.7	- 0.27	38 Canum ven.	4.5	27 48	+ 2.86	+ 42 2.2	- 0.33	<i>γ</i> Draconis	3	22 9	+ 1.33	+ 59 44.3	- 0.21
<i>γ</i> Geminorum	3.4	6 7 20	+ 3.62	+ 22 32.4	- 0.01	<i>γ</i> Argūs	4	25 47	+ 2.37	- 39 55.2	- 0.26	<i>α</i> Draconis	3.4	28 8	+ 2.60	+ 70 28.6	- 0.33	<i>γ</i> Coronae bor.	4.3	22 41	+ 2.48	+ 29 32.3	- 0.21
<i>α</i> " "	3	15 24	+ 3.63	+ 22 54.5	- 0.02	<i>λ</i> Hydrae	4.5	33 28	+ 3.06	+ 0 34.5	- 0.27	<i>α</i> Muscae	4	29 45	+ 3.51	- 68 26.8	- 0.33	<i>γ</i> Bootis pr.	4.5	26 26	+ 2.15	+ 41 15.6	- 0.21
<i>ζ</i> Canis majoris	2.3	15 31	+ 2.30	- 30 0.6	- 0.02	<i>ε</i> Leonis	4.3	34 29	+ 3.21	+ 10 27.6	- 0.27	<i>γ</i> Centauri	3	34 38	+ 3.30	- 48 16.4	- 0.33	<i>γ</i> Lupi	3	26 49	+ 3.98	- 40 44.7	- 0.21
<i>β</i> " "	2	17 12	+ 2.64	- 17 53.7	- 0.02	<i>γ</i> Virginis	3	38 45	+ 3.42	+ 24 20.9	- 0.27	<i>γ</i> Virginis	3	35 20	+ 3.04	- 0 45.8	- 0.33	<i>γ</i> Bootis seq.	4.5	27 18	+ 2.14	+ 41 19.5	- 0.21
<i>α</i> Columbae	4	17 33	+ 1.19	- 33 22.4	- 0.03	<i>γ</i> Ursae majoris	3.4	42 5	+ 4.33	+ 59 37.5	- 0.28	<i>β</i> Muscae	4	38 38	+ 3.61	- 67 25.4	- 0.33	<i>γ</i> Coronae	4	27 53	+ 2.41	+ 31 46.9	- 0.21
<i>α</i> Argūs	1	21 11	+ 1.33	- 52 37.6	- 0.03	<i>γ</i> Argūs	4	43 59	+ 1.50	- 64 29.6	- 0.28	<i>β</i> Crucis	2	40 26	+ 3.46	- 59 0.2	- 0.33	<i>γ</i> Librae	4.5	28 32	+ 3.34	- 14 22.3	- 0.21
<i>λ</i> Canis majoris	4.5	23 32	+ 2.22	- 32 30.1	- 0.03	<i>α</i> Leonis	4	45 39	+ 3.42	+ 26 35.7	- 0.28	<i>ε</i> Ursae majoris	2	48 31	+ 2.66	+ 56 38.3	- 0.33	<i>δ</i> Serpentis	3.4	28 50	+ 2.87	+ 10 57.5	- 0.21
<i>γ</i> Geminorum	2.3	30 29	+ 3.47	+ 16 30.2	- 0.04	<i>γ</i> Argūs	4	52 29	+ 2.10	- 53 58.4	- 0.28	<i>δ</i> Virginis	3	49 18	+ 3.02	+ 4 4.6	- 0.33	<i>α</i> Coronae bor.	2	29 24	+ 2.54	+ 27 8.2	- 0.21
<i>γ</i> Argūs	3	33 56	+ 1.83	- 43 5.2	- 0.05	21 Leonis min.	4.5	10 0 3	+ 3.55	+ 35 51.2	- 0.29	12 Canum ven.	3	50 11	+ 2.82	+ 38 59.6	- 0.33	<i>γ</i> Scorpii	4.5	29 26	+ 3.63	- 27 43.1	- 0.20
15 Monocerotis	4	34 6	+ 3.31	+ 10 0.6	- 0.05	<i>δ</i> Muscae	3.4	0 31	+ 3.28	+ 17 23.3	- 0.29	<i>δ</i> Muscae	4	53 41	+ 3.97	- 70 52.4	- 0.33	<i>α</i> " "	4.5	30 59	+ 3.67	- 29 21.9	- 0.20
<i>ε</i> Geminorum	3.4	36 14	+ 3.70	+ 25 15.2	- 0.05	<i>α</i> Leonis	4.5	132	+ 3.07	+ 0 14.3	- 0.29	<i>ε</i> Virginis	3.2	55 57	+ 2.99	+ 11 37.9	- 0.32	<i>α</i> Coronae	4	34 40	+ 2.26	+ 37 2.5	- 0.20
<i>ζ</i> " "	4.3	38 17	+ 3.87	+ 13 1.7	- 0.06	<i>λ</i> Hydrae	1.2	1 43	+ 3.20	+ 12 34.6	- 0.29	<i>δ</i> " "	4.5	13 32 9	+ 3.10	- 4 52.3	- 0.32	<i>γ</i> " "	4.3	37 30	+ 2.52	+ 26 41.6	- 0.19
<i>α</i> Canis majoris	1	39 39	+ 2.65	- 16 32.8	- 0.06	<i>λ</i> Hydrae	4	4 30	+ 2.94	- 11 44.2	- 0.29	43 Comae	4	6 2	+ 2.81	- 28 30.7	- 0.31	<i>α</i> Serpentis.	2.3	38 7	+ 2.95	+ 6 49.2	- 0.19
<i>θ</i> Geminorum	3.4	44 33	+ 3.96	+ 34 6.6	- 0.06	<i>q</i> Velorum	4	9 30	+ 2.52	+ 41 30.3	- 0.30	<i>γ</i> Muscae	4	6 48	+ 3.99	- 67 13.8	- 0.32	<i>λ</i> " "	4.5	40 23	+ 2.92	+ 7 44.8	- 0.19
<i>α</i> Canis majoris	4	45 10	+ 2.24	- 32 21.9	- 0.07	<i>λ</i> Ursae majoris	3.4	9 33	+ 3.64	+ 43 32.2	- 0.30	<i>γ</i> Hydrae	3	12 8	+ 3.24	- 22 30.6	- 0.32	<i>β</i> " "	3.4	40 25	+ 2.77	+ 15 48.9	- 0.19
<i>γ</i> Argūs	4	46 50	+ 1.48	- 50 28.0	- 0.07	<i>ζ</i> Leonis	3	9 44	+ 3.35	+ 24 2.4	- 0.30	<i>ε</i> Centauri	3	13 35	+ 3.38	- 36 3.1	- 0.32	<i>α</i> " "	3.4	43 6	+ 3.13	+ 3 2.8	- 0.19
<i>α</i> Pietoris	4	46 55	+ 0.95	- 61 38.6	- 0.07	<i>α</i> Argūs	4	10 46	+ 1.44	- 69 25.1	- 0.30	<i>α</i> Virginis	1	18 37	+ 3.15	- 10 30.5	- 0.32	<i>α</i> " "	4	43 7	+ 2.70	+ 18 31.7	- 0.19
<i>α</i> Canis majoris	4.5	48 23	+ 2.80	- 11 53.0	- 0.07	<i>γ</i> Leonis	2	13 4	+ 3.30	+ 29 28.1	- 0.30	<i>ε</i> Ursae majoris	2.3	18 53	+ 2.43	+ 55 54.7	- 0.32	<i>β</i> Trianguli aust.	3	44 10	+ 5.25	- 63 2.3	- 0.19
<i>ε</i> " "	2	53 43	+ 3.36	- 28 48.2	- 0.08	<i>α</i> Ursae majoris	4	16 3	+ 3.60	+ 42 7.6	- 0.30	<i>R</i> Hydrae	var.	22 53	+ 3.27	- 22 38.0	- 0.31	<i>ε</i> Serpentis	3.4	44 55	+ 2.99	+ 4 51.3	- 0.18
<i>ζ</i> Geminorum	4	56 42	+ 3.56	+ 20 45.1	- 0.08	<i>α</i> Hydrae	4	20 3	+ 2.91	- 16 11.9	- 0.30	<i>δ</i> Centauri	4.5	28 48	+ 3.45	- 38 45.6	- 0.31	<i>γ</i> Ursae minoris	4.5	48 33	+ 2.		

BENAMING.	Grootte.	Rechte opklimming.	Jaarlijkse verandering.	Declinatie.	Jaarlijkse verandering.	BENAMING.	Grootte.	Rechte opklimming.	Jaarlijkse verandering.	Declinatie.	Jaarlijkse verandering.	BENAMING.	Grootte.	Rechte opklimming.	Jaarlijkse verandering.	Declinatie.	Jaarlijkse verandering.	BENAMING.	Grootte.	Rechte opklimming.	Jaarlijkse verandering.	Declinatie.	Jaarlijkse verandering.
η Herculis	3	16 38 37	+ 2.06	+ 39 9.7	- 0.12	α Herculis	4.3	18 2 40	+ 2.34	+ 28 44.8	0.00	α Cygni	4	19 46 6	+ 7.04	- 73 14.2	+ 0.15	α Cygni	4.5	21 38 37	+ 2.66	+ 28 10.8	+ 0.27
η Arae	4	39 0	+ 5.14	- 58 49.9	- 0.12	102 "	4.3	3 25	+ 2.56	+ 20 47.8	0.00	α Draconis	4	48 35	- 0.17	+ 69 57.0	+ 0.15	α Pegasi	4	38 59	+ 2.71	+ 25 4.4	+ 0.27
η Scorpii	3	42 6	+ 3.92	- 34 3.7	- 0.11	β Sagittarii	4	6 17	+ 3.59	- 21 5.4	+ 0.01	β Aquilae	4	49 10	+ 2.95	+ 6 5.8	+ 0.15	δ Capricorni	3	40 8	+ 3.30	- 16 41.5	+ 0.27
μ^1 Scorpii	4	43 52	+ 4.05	- 37 49.9	- 0.11	γ Telescopii	4	9 10	+ 4.07	- 80 36.1	+ 0.02	γ Cygni	4.5	51 37	+ 2.25	+ 34 55.1	+ 0.16	η^2 Cygni	4.5	42 11	+ 2.21	+ 48 43.9	+ 0.28
η^2 Herculis	4.5	43 34	+ 1.75	+ 46 12.2	- 0.11	δ Ursae minoris	4.5	12 39	- 19.40	- 80 36.1	+ 0.02	γ Sagittae	4.5	53 12	+ 2.57	+ 19 9.2	+ 0.16	γ Gruis	3	46 21	+ 3.64	- 37 57.1	+ 0.28
δ^2 Scorpii	3	45 48	+ 4.22	- 42 8.7	- 0.11	ϵ Sagittarii	3.4	12 59	+ 3.84	- 29 52.8	+ 0.02	θ Ursae	4	56 21	+ 5.76	- 66 29.3	+ 0.16	α Aquarii	3	59 22	+ 3.08	- 0 55.6	+ 0.29
δ Ophiuchi	4.5	48 6	+ 2.84	+ 10 22.3	- 0.10	ϵ Sagittarii	3.4	14 50	+ 3.10	- 2 55.8	+ 0.01	θ Aquilae	3	20 45	+ 3.10	- 1 11.4	+ 0.17	α Gruis	4.5	59 41	+ 3.24	- 14 28.5	+ 0.29
δ Arae	3	48 17	+ 4.94	- 55 47.4	- 0.10	α Telescopii	3.2	15 53	+ 3.99	- 34 26.4	+ 0.02	α^1 Cygni	4	9 42	+ 1.89	+ 46 21.8	+ 0.18	α Pegasi	2	22 0	+ 3.81	- 47 33.9	+ 0.29
δ^1 "	4	49 38	+ 4.76	- 52 58.0	- 0.10	λ Sagittarii	4	17 42	+ 4.45	- 46 2.1	+ 0.02	α^2 Capricorni	3.4	10 43	+ 3.33	- 12 53.6	+ 0.18	α^2 "	4	1 12	+ 2.79	+ 24 44.1	+ 0.29
α Ophiuchi	3.4	51 45	+ 2.83	+ 9 34.3	- 0.10	γ Draconis	3	20 16	+ 3.71	- 25 29.3	+ 0.03	α Cephei	4.5	13 4	- 1.90	+ 77 20.0	+ 0.18	α^2 "	3.4	3 54	+ 3.03	+ 5 35.0	+ 0.29
ϵ Herculis	3.4	55 30	+ 2.29	+ 31 6.7	- 0.09	γ Draconis	4.5	22 33	- 0.85	+ 71 16.2	+ 0.03	α Capricorni	3	13 59	+ 3.37	- 15 19.5	+ 0.18	α Toucanae	4.3	6 31	+ 2.07	+ 37 35.1	+ 0.29
ϵ Ursae minoris	4.5	58 51	- 6.39	+ 82 14.4	- 0.09	α Lyrae	4	23 18	- 1.08	+ 72 40.7	+ 0.03	α Pavonis	2	15 45	+ 4.79	- 57 8.0	+ 0.19	θ Aquarii	3	9 56	+ 4.18	- 60 52.9	+ 0.30
η Scorpii	3	17 3	+ 4.28	- 43 4.2	- 0.08	γ Sagittarii	4	28 26	+ 7.04	- 71 31.8	+ 0.04	γ Cygni	3.2	17 45	+ 2.15	+ 39 51.5	+ 0.19	δ Lacertae	4.5	10 14	+ 3.15	- 8 24.3	+ 0.30
η Ophiuchi	2.3	3 13	+ 3.43	- 15 34.1	- 0.08	α Lyrae	1	32 42	+ 2.03	+ 38 49.1	+ 0.05	δ Delphini	4	27 14	+ 2.87	+ 10 52.8	+ 0.20	δ^1 Gruis	4	21 48	+ 3.61	- 44 8.0	+ 0.30
δ Draconis	3	8 26	+ 0.16	+ 65 52.1	- 0.07	γ Sagittarii	4.3	37 51	+ 3.75	- 27 7.1	+ 0.05	θ Cephei	4	27 29	+ 1.02	+ 62 34.5	+ 0.20	δ Aquarii	4	22 24	+ 3.08	- 0 39.5	+ 0.30
α Herculis	3.4	8 57	+ 2.73	+ 14 32.1	- 0.07	α Lyrae	4.5	40 12	+ 1.99	+ 39 32.4	+ 0.06	δ Delphini	3.4	31 41	+ 2.81	+ 14 9.7	+ 0.20	β Piscis aust.	4	24 24	+ 3.42	- 32 59.2	+ 0.31
δ "	3	9 54	+ 2.46	+ 24 59.3	- 0.07	γ Sagittarii	4.5	40 28	+ 2.06	+ 37 28.6	+ 0.05	α Indi	4.5	31 53	+ 3.10	- 1 32.4	+ 0.21	δ Cephei	4	24 32	+ 2.21	+ 37 46.5	+ 0.31
α Ophiuchi	3.4	10 42	+ 2.09	+ 36 57.1	- 0.07	β Lyrae	4	45 28	+ 2.21	+ 38 13.1	+ 0.07	β Pavonis	3	33 41	+ 5.50	- 66 39.0	+ 0.21	α Lacertae	4	26 8	+ 2.44	+ 49 38.4	+ 0.31
γ Arae	3	14 53	+ 5.03	- 56 15.4	- 0.07	β Lyrae	4.5	41 30	+ 2.64	+ 18 2.6	+ 0.07	α Delphini	4.3	33 50	+ 2.79	+ 15 28.3	+ 0.21	η Aquarii	4.3	28 56	+ 3.08	- 0 45.7	+ 0.31
γ "	3	14 55	+ 4.97	- 55 24.5	- 0.07	α Sagittarii	2.3	47 31	+ 3.72	- 26 27.1	+ 0.07	α Delphini	3	33 50	+ 2.79	+ 15 28.3	+ 0.21	β Piscis aust.	4	33 45	+ 3.33	- 27 41.7	+ 0.31
δ Herculis	4	19 22	+ 2.07	+ 37 15.7	- 0.07	γ Sagittarii	4.5	49 28	+ 2.53	+ 22 29.3	+ 0.07	α Cygni	2.1	37 10	+ 2.04	+ 44 50.1	+ 0.21	β Gruis	3	35 11	+ 3.60	- 47 32.3	+ 0.31
δ Arae	4	19 49	+ 5.40	- 60 34.5	- 0.06	γ Sagittarii	4.5	50 8	+ 2.98	+ 4 2.6	+ 0.07	δ Delphini	4	37 37	+ 2.80	+ 14 37.6	+ 0.21	α Pegasi	3.4	35 14	+ 2.99	+ 10 10.8	+ 0.31
α Scorpii	3	22 11	+ 4.63	- 49 46.4	- 0.06	β Lyrae	4	50 16	+ 3.10	+ 36 44.5	+ 0.08	γ Capricorni	4.5	38 42	+ 3.37	- 25 43.0	+ 0.21	η "	3	37 9	+ 2.81	+ 29 34.1	+ 0.31
β "	3	22 16	+ 4.07	- 37 11.6	- 0.06	β Lyrae	4	53 57	+ 2.72	+ 14 54.0	+ 0.08	δ^2 Cygni	4.5	40 30	+ 2.47	+ 30 15.8	+ 0.21	α "	4	40 31	+ 2.88	+ 22 54.5	+ 0.31
λ "	3	25 8	+ 4.07	- 37 0.6	- 0.05	α Aquilae	3.4	54 16	+ 2.25	+ 32 31.2	+ 0.08	γ Aquarii	3.4	40 51	+ 2.78	+ 15 40.5	+ 0.21	α Gruis	4	41 0	+ 3.65	- 51 38.4	+ 0.31
δ Draconis	3.2	27 37	+ 1.35	+ 52 23.7	- 0.05	γ Lyrae	3.4	54 40	+ 3.82	- 30 3.4	+ 0.08	α Cygni	3.2	41 9	+ 2.43	+ 33 30.2	+ 0.22	α Aquilae	4.5	42 58	+ 3.18	- 14 15.1	+ 0.32
θ Scorpii	3	28 20	+ 4.30	- 42 55.0	- 0.05	γ Sagittarii	3.4	57 11	+ 3.59	- 21 55.3	+ 0.08	α Aquarii	4.5	41 9	+ 2.43	+ 33 30.2	+ 0.22	α Pegasi	4.3	43 58	+ 2.88	+ 23 56.5	+ 0.32
α Ophiuchi	2	29 8	+ 2.78	+ 12 39.2	- 0.05	α "	4.3	59 8	+ 3.75	- 27 50.9	+ 0.08	γ Cephei	4.3	42 45	+ 1.23	+ 61 21.2	+ 0.23	δ Aquarii	4	46 5	+ 3.13	+ 8 14.7	+ 0.32
ν Draconis	4.5	29 45	+ 1.18	+ 55 16.2	- 0.04	λ Aquilae	3	59 40	+ 2.75	+ 13 40.7	+ 0.08	α Capricorni	4.5	44 22	+ 3.59	- 27 23.1	+ 0.21	δ "	3	48 1	+ 3.19	- 16 29.1	+ 0.32
ϵ Serpentis	4.3	30 26	+ 3.43	- 15 20.2	- 0.04	λ Aquilae	3	59 37	+ 3.19	- 5 4.1	+ 0.08	β Indi	4	45 2	+ 4.74	- 58 55.5	+ 0.22	α Piscis aust.	1.2	50 44	+ 3.33	- 30 17.0	+ 0.32
α Scorpii	3	33 51	+ 4.14	- 38 57.8	- 0.04	γ Sagittarii	3	59 40	+ 2.75	+ 13 40.7	+ 0.08	γ Cygni	4	52 31	+ 2.23	+ 40 41.2	+ 0.23	α Andromedae	4	56 10	+ 2.75	+ 41 39.3	+ 0.32
ν Herculis	3.4	35 56	+ 1.70	+ 46 4.4	- 0.04	γ Lyrae	4.5	12 2	+ 2.08	+ 37 54.7	+ 0.10	θ Capricorni	4	58 56	+ 3.37	- 17 43.6	+ 0.23	β Pegasi	2.3	57 43	+ 2.90	+ 27 24.3	+ 0.32
β Ophiuchi	3	37 18	+ 2.96	+ 4 37.3	- 0.03	δ "	4.5	9 30	+ 2.04	+ 38 56.3	+ 0.10	δ Cygni	4	21 0 23	+ 2.18	+ 43 25.8	+ 0.24	α "	2	58 32	+ 2.99	+ 14 32.0	+ 0.32
β^1 Scorpii	3	38 51	+ 4.19	- 40 4.6	- 0.03	δ "	4.5	12 2	+ 2.08	+ 37 54.7	+ 0.10	γ Aquarii	4.5	2 47	+ 3.27	- 11 52.6	+ 0.24	α^1 Aquarii	4.5	59 58	+ 3.23	- 24 25.1	+ 0.32
μ Herculis	3.4	41 21	+ 4.08	- 37 0.1	- 0.03	δ Draconis	3	12 31	+ 0.03	+ 67 26.5	+ 0.10	α Equulei	3	7 37	+ 2.55	+ 29 42.9	+ 0.24	α^2 "	4	23 2 47	+ 3.20	- 21 51.0	+ 0.32
γ Ophiuchi	4.3	41 34	+ 2.34	+ 27 47.7	- 0.04	β^1 Sagittarii	3	13 39	+ 4.33	- 44 41.6	+ 0.10	α "	4	9 34	+ 3.00	+ 4 43.9	+ 0.24	α "	4.5	7 41	+ 3.11	- 6 43.2	+ 0.33
ν Draconis	4.5	44 9	- 1.09	+ 72 12.2	- 0.02	α^2 "	4	14 11	+ 4.34	- 45 2.0	+ 0.10	α "	4	9 48	+ 2.39	+ 37 30.7	+ 0.25	γ Toucanae	4	10 8	+ 3.55	- 58 55.3	+ 0.33
ϵ "	3.4	51 22	+ 1.04	+ 56 53.6	- 0.01	α Cygni	4	14 13	+ 1.38	+ 53 8.3	+ 0.11	α "	4.5	12 30	+ 2.35	+ 38 52.3	+ 0.25	γ Pismium	4	10 41	+ 3.11	- 2 36.0	+ 0.33
θ "	4	51 28	+ 2.05	+ 37 16.1	- 0.01	γ Sagittarii	4	14 26	+ 3.48	- 18 4.8	+ 0.11	α "	4.5	12 47	+ 2.46	+ 34 22.4	+ 0.25	θ "	4.5	21 38	+ 3.05	+ 5 41.6	+ 0.33
ν Ophiuchi	4	51 58	+ 2.05	+ 37 16.1	- 0.01	α Aquilae	4	15 14	+ 4.16	- 40 50.8	+ 0.11	α Capricorni	4.5	15 17	+ 3.35	- 17 21.9	+ 0.25	λ Andromedae	4	31 27	+ 2.92	+ 45 46.9	+ 0.32
δ Herculis	4.5	52 9	+ 3.30	- 9 45.4	- 0.01	α Volpculae	3.4	19 12	+ 3.03	+ 2 52.0	+ 0.11	α Cephei	3.2	15 36	+ 1.44	+ 62 3.4	+ 0.25	α Piscium	4.5	33 31	+ 3.09	+ 4 56.9	+ 0.32
γ Draconis	2.3	53 42	+ 1.39	+ 51 30.2	- 0.01	β Cygni	4.5	23 30	+ 5.00	+ 24 24.8	+ 0.12	α Pavonis	3	16 5	+ 5.03	- 65 56.2	+ 0.25	γ Cephei	3.4	34 14	+ 2.40	+ 76 56.1	+ 0.33
ν Herculis	4.5	53 43	+ 2.29	+ 50 11.8	- 0.01	β "	4	26 33	+ 1.51	+ 51 27.8	+ 0.12	γ Capricorni	4.5	16 18	+ 2.77	+ 19 16.2	+ 0.25	α Andromedae	4	34 15	+ 2.93	+ 43 38.5	+ 0.33
67 Ophiuchi	4	54 23	+ 3.00	+ 2 56.4	- 0.01	α Aquilae	4.3	30 15	+ 3.10	- 1 33.7	+ 0.13	β Aquarii	3	19 32	+ 3.44	- 22 57.1	+ 0.26	α Aquarii	4	35 16	+ 3.12	- 18 30.5	+ 0.33
68 "	4.5	55 35	+ 3.04	+ 1 18.5	- 0.01	β "	4.5	35 26	+ 2.69	+ 17 11.3	+ 0.13	β Cephei	3	27 2	+ 0.80	+ 70 0.7	+ 0.26	α^2 Aquarii	4.5	36 14	+ 3.11	- 15 14.0	+ 0.33
95 Herculis	4.5	56 12	+ 2.54	+ 21 35.7	- 0.01	γ Aquilae	3	40 19	+ 2.85	+ 10 18.6	+ 0.14	γ Cygni	4.5	29 17	+ 2.25	+ 45 2.5	+ 0.26	α Piscis aust.	4.5	42 25	+ 3.13	- 28 49.2	+ 0.33
θ Arae	4	56 54	+ 4.67	- 50 5.9	- 0.01	γ Cygni	3	41 4	+ 1.87	+ 44 49.6	+ 0.14	γ Capricorni	4.3	33 10	+ 3.32	- 17 13.5	+ 0.27	α Piscium	4	52 54	+ 3.08		

De tweede veranderlijke ster, β Persei of Algol, werd in het jaar 1667 door Geminiano Montanari als veranderlijk opgemerkt, en hare periode is tegenwoordig 2 dagen 20 uren 48 minuten 54 seconden. Bij haar maximum evenaart zij eene ster van de 2^{de} tot de 3^{de} grootte, bij haar minimum eene van de 4^{de} grootte, zij blijft bij iedere periode gedurende 2 dagen 13 uren dezelfde lichtkracht behouden en alleen is zij gedurende 8 tot 9 uren zwakker. Argelander heeft gevonden dat hare periode met den tijd een weinig korter is geworden.

De derde veranderlijke ster is γ Cygni, in het jaar 1687 ontdekt door Kirch; bij haar maximum evenaart zij nu eens eene ster van de 4^{de} grootte, dan weder niet meer dan eene ster van de 6^{de} of 7^{de} grootte.

Men kan ook ρ Cygni daartoe rekenen, wier veranderlijkheid in het jaar 1600 door Jansen opgemerkt werd, en die in 1657 als eene ster van de 3^{de} grootte schitterde en nu bijna standvastig tot de 6^{de} grootte behoort.

Tot aan het jaar 1800 kende men 11 of 13 veranderlijke sterren. De 8 of 9, welke in de vorige eeuw daaraan werden toegevoegd, zijn R Hydrae, in 1704 door Maraldi, R Leonis, in 1782 door Koch, η Aquilae, in 1784 door Pigott, ρ Lyrae en δ Cephei in 1784 door Goodricke, α Herculis in 1795 door W. Herschel, R Coronae en R Scuti in 1795 door Pigott ontdekt. Ook werd de veranderlijkheid van μ Cephei reeds door W. Herschel opgemerkt, maar men kent hare periode nog niet. De ontdekking der andere veranderlijke sterren heeft in onze eeuw plaats gehad.

Onder de sterren der 1^{ste} grootte behooren zonder twijfel tot de veranderlijke α Orionis in γ Argus, onder die der 2^{de} grootte α Cassiopeja, β Persei, δ Orionis en β Pegasi, dus 4. α Ceti en T Coronae kunnen niet hierbij gevoegd worden, omdat zij alleen gedurende een korten tijd van de 2^{de} grootte zijn. De veronderstelling van W. Herschel dat een dertigste gedeelte van alle sterren veranderlijk zoude zijn, is zonder twijfel overdreven, hoewel toch vele sterren kleine lichtveranderingen schijnen te ondergaan. Opmerkelijk is het, dat een groot gedeelte der veranderlijke sterren rood licht geeft, en dat het spectrum dezer sterren zich onderscheidt van dat van andere sterren.

Waaruit die veranderlijkheid voortspuit, kunnen wij nog niet met zekerheid zeggen. Van de hypothesen, die daaromtrent opgeworpen zijn, vermelden wij de volgende.

Men kan aannemen, dat de sterren aan hare oppervlakten niet overal even sterk lichtgevend zijn en zich omwentelen, en dan kunnen, als men den omlooptijd gelijkstelt aan de periode der veranderlijkheid, de verschijnselen, welke wij bij de eerste klasse der veranderlijke sterren genoemd hebben, verklaard worden.

Alsdan moeten altijd na gelijke tijdvakken even heldere maxima en even heldere minima plaats vinden. Neemt men meer donkere of heldere plaatsen op de oppervlakte aan, dan kunnen ook de verschillende maxima en minima in de helderheid verklaard worden.

Voor die sterren, welke alleen gedurende een zeer korten tijd zwakker worden, is de tweede hypothese, die veronderstelt, dat zich om de veranderlijke sterren donkere hemellichamen (planeten) bewegen, die, als zij tusschen de ster en ons komen, het licht van de ster voor ons ook bedekken, toereikend.

Eene derde hypothese veronderstelt dat de sterren eene zeer afgeplatte gedaante hebben, zich om eene as wentelen, terwijl de helling van die as ten opzichte van de gezichtlijn zeer groot kan worden, zoodat wij nu eens de zogenaamde brede zijde van het hemellichaam, dan weder zijne smalle zijde zien en dus daardoor meer of minder licht ontvangen zullen.

De vierde hypothese eindelijk neemt aan, dat er op de vaste sterren lichtophooping, verbrandingen, of lichtverminderingen voorkomen, die zich of periodiek herhalen of ook onregelmatig plaats hebben. Iets dergelijks zien wij bij de zonneplekken en zonnenvlekken; terwijl door de drie eerste hypothesen slechts de verschijnselen voorkomende bij enkele veranderlijke sterren verklaard kunnen worden, kan men met de vierde omtrent alle verschijnselen ophelderen.

Merkwaardig is het ook dat bij de meeste veranderlijke sterren het toenemen in lichtkracht sneller plaats heeft dan het afnemen.

Eindelijk moet ook nog vermeld worden, dat de meeste veranderlijke sterren zich in de nabijheid van den Melkweg bevinden.

In de volgende lijst van veranderlijke heldere sterren, die bij hare grootste helderheid minstens van de 5^{de} grootte zijn, omdat op onze sterrenkaarten geene zwakkere sterren geteekend zijn, vindt men: in de eerste kolom den naam, in de tweede en den derde de plaats voor het jaar 1875, in den vierde en vijfde de jaarlijkse verandering die de plaats door de praecessie ondergaat, in den zesde en zevende de helderheid in maximum en minimum, in den achtste de periode der veranderlijkheid, in de negende het tijdstip, waarop het minimum of maximum plaats heeft, benevens eenige opmerkingen.

Bij de benaming der veranderlijke sterren is de grondstelling in acht genomen, die zegt, dat de veranderlijke sterren genoemd moeten worden naar de sterrenbeelden en met Latijnsche letters, en wel om zoo mogelijk eene verwisseling met de door Bayer in 1603 ingevoerde namen te voorkomen, met de kapitale letters van het alfabet, te beginnen met R. Voor de veranderlijke sterren, welke echter reeds benamingen, meestal met Grieksche letters, hadden, zijn deze, om geen verwarring te veroorzaken, behouden.

Onder de hier niet vermelde telescopische veranderlijke sterren zijn wegens hare korte periodes, zoowel als wegens hare lichtafwisselingen merkwaardig: δ Cancri, bij welke de periode is 9 dagen 11 uren 37.8 minuten; gedurende 8 dagen 19 uren is zij van de 8.2 grootte, dan daalt zij binnen 6 uren tot de 10.2 grootte, om na 10 uren weder tot de 8.2 grootte te komen. Bij U Sagittarii is de periode 6 dagen 17 uren 51.2 minuten, de helderheid verandert tusschen de 7.5 en 9.9 grootte; bij W Virginis is de periode 17.3 dagen, de helderheid afwisselende tusschen de 8.8 en de 10.4 grootte.

Lijst van heldere veranderlijke sterren.

BENAMING.	Rechte opklimming 1875.	Declinatie 1875.	Jaarlijkse verandering in rechte opklimming.	Grootte in maximum.	Grootte in minimum.	PERIODE.	TIJDS TIP.
α Cassiopeiae	0 33 25	+ 55 51	3.36	+ 0.33	2.2	2.8	Onregelmatig
α Ceti (Mira)	2 13 2	- 3 33	3.02	+ 0.28	1.7	9.5	3314. 3363
β Persei	2 57 10	+ 38 21	3.81	+ 0.24	3.4	4.0	Onregelmatig
β "	3 0 2	+ 40 28	3.87	+ 0.24	2.2	3.7	24 20 ^a 48 ^m 54 ^s
λ Tauri	3 53 45	+ 12 8	3.31	+ 0.18	3.4	4.3	34 22 ^a 52 ^m 4
ϵ Aurigae	4 53 0	+ 43 38	4.29	+ 0.10	3.5	4.5	Onregelmatig
δ Orionis	5 25 37	- 0 24	3.06	+ 0.5	2.2	2.7	Onregelmatig
α "	5 48 24	+ 7 23	3.25	+ 0.2	1.0	1.4	1964 ^a
β Monocerotis	6 34 6	+ 10 1	3.31	- 0.05	4.9	5.6	34 10 ^a 38 ^m
ζ Geminorum	6 56 41	+ 20 45	3.56	- 0.08	3.7	4.5	104 3 ^a 46 ^m
R Leonis	9 46 50	+ 12 0	3.23	- 0.28	5.0	10.2	3214. 6
γ Argos.	10 40 13	- 59 2	2.31	- 0.31	1.0	6.0	Onregelmatig
R Hydrae	13 22 53	- 22 38	3.27	- 0.31	4.0	11.0	4424
δ Librae	14 54 18	- 8 1	3.20	- 0.24	4.9	6.0	24 7 ^a 51 ^m 20 ^s
T Coronae	15 54 16	+ 26 16	2.51	- 0.18	2.0	9.3	Onregelmatig
γ Herculis	16 24 32	+ 42 10	1.97	- 0.13	4.9	6.2	Onregelmatig
α "	17 8 57	+ 14 32	2.73	- 0.07	3.1	3.9	Onregelmatig
γ Sagittarii	17 39 41	- 27 47	3.77	- 0.03	4.0	6.0	74 0 ^a 25 ^m 34 ^s
W "	17 57 2	- 29 35	3.83	- 0.01	5.0	6.5	74 14 ^a 8 ^m 35 ^s
R Scuti	18 40 49	- 5 50	3.21	+ 0.06	4.7	9.0	714. 7
β Lyrae	18 45 28	+ 33 13	2.21	+ 0.06	3.5	4.5	124 21 ^a 51 ^m 0 ^s
R "	18 51 32	+ 43 47	1.83	+ 0.08	4.3	4.6	464
γ Cygni	19 45 46	+ 32 36	2.31	+ 0.15	4.0	13.0	4064. 12
η Aquilae	19 46 6	+ 41	3.06	+ 0.15	3.5	4.7	74 4 ^a 14 ^m 4 ^s
ρ Cygni	20 13 11	+ 37 39	2.21	+ 0.18	3.0	6.0	Onregelmatig
T "	20 42 12	+ 33 55	2.39	+ 0.22	5.0	6.0	Onregelmatig
μ Cephei	21 39 41	+ 58 12	1.83	+ 0.27	4.0	5.0	Onregelmatig
δ "	22 24 32	+ 57 47	2.21	+ 0.31	3.7	4.9	54 8 ^a 4 ^m 40 ^s
β Pegasi	22 57 43	+ 27 24	2.90	+ 0.32	2.2	2.7	Onregelmatig
R Cassiopeiae	23 52 4	+ 50 41	3.01	+ 0.33	4.8	12.0	4284. 9

c) Nieuw verschenen sterren.

Zeer nauw verwant aan de veranderlijke sterren zijn de plotselijk verschenen en weder verdwenen sterren; het is nu echter zeker, dat een deel van deze nieuwe sterren, zooals men haar noemt, tot de veranderlijke behoort, hoewel hare veranderlijkheid niet regelmatig is. Ook deze sterren hebben zich meestal in de nabijheid van den Melkweg vertoond, en hare kleur meermalen veranderd.

In de oude jaarboeken, vooral in de Chinese, wordt meermalen melding gemaakt van nieuwe sterren, echter is de beschrijving zoo gebrekkig, dat men niet kan nagaan of men te doen heeft met werkelijk nieuwe sterren of slechts met plotselijk verschenen meteoren. Voor ons doel is het genoeg, om kortelijk die sterren te vermelden, welke met zekerheid zijn waargenomen.

Volgens de Chinese jaarboeken, alsook volgens de berichten van Plinius, verscheen in het jaar 134 voor de geboorte van Christus eene heldere ster in den Schorpioen, welke den sterrenkundige Hipparchus aanleiding gaf, om eene juiste opgave te verstrekken van die sterren welke men toenmaals zag. Hieruit ontstond de reeds genoemde lijst van 1026 sterren, welke Ptolemaeus in de „Almagest” mededeelt.

De beroemdste der nieuw verschenen sterren is die van Tycho, van het jaar 1572 (1875

Gemiddeld maximum = 8 Mei 1872.
Eene roode ster.
Minimum = 24 Juli 1871. 9^a.
Minimum = 14 Juli 1871. 22^a.
Witachtig gekleurd.
De periode waarschijnlijk 16 dagen.
Kleur zeer rood.
Minimum = 31 Juli 1871. 11^a.
Minimum = 14 Juli 1871. Kleur geelachtig rood.
Minimum = 25 Februari 1871.
Geelachtig rood.
Maximum = 5 Juli 1871.
Minimum = 22 Juli 1871. 13^a.
Schitterde in Mei 1866 plotselijk als eene ster der 2^{de} grootte.
Kleur roodachtig, periode waarschijnlijk 66 dagen.
Maximum = 6 Juli 1871. 13^a.
Maximum = 1 Juli 1871. 18^a.
Minimum = 6 Juli 1871. Kleur rood.
Hoofminimum = 23 Juli 1871. 5^a.
Thans in zijn bij-minimum. 3.9 grootte.
Periode onzeker. Kleur roodachtig.
Maximum 16 Juli 1871. Kleur roodachtig geel.
Minimum = 11 Juli 1871. 2^a.
Werd in 1400 plotselijk waargenomen.
Zeer rood.
Minimum = 7 Juli 1871. 13^a.
Kleur oranje.
Maximum = 11 Dec. 1870. Kleur helder rood.

$\text{AR} = 0^{\text{h}} 17^{\text{m}} 52^{\text{s}}$, $\delta = +63^{\circ} 27'$). Tycho Brahe nam haar op den 11^{den} Nov. waar, en hare lichtkracht overtrof die van Sirius, Vega en Jupiter, het beste kon zij bij Venus worden vergeleken. In December reeds nam hare lichtkracht af, in Januari 1573 evenaarde zij Jupiter, in Februari en Maart slechts eene ster der 1^{ste} grootte; in April en Mei was zij zoo helder als eene ster van de 2^{de} grootte, en zoo nam hare lichtkracht af, tot zij in November 1573 slechts op eene ster van de 4^{de} grootte gelceek en in Maart 1574 voor het ongewapend oog spoorsloos verdween, nadat zij 17 maanden zichtbaar was geweest. De kleur van deze ster was gedurende de twee eerste maanden van hare zichtbaarheid wit, daarna werd zij geel, in het voorjaar van het jaar 1573 noemde Tycho haar rood, in Mei herkeerde zij hare witte kleur en deze behield zij totdat zij verdween.

In het jaar 1604 verscheen in het sterrenbeeld Ophiuchus ($1875 \text{ AR} = 17^{\text{h}} 23^{\text{m}} 9^{\text{s}}$, $\delta = -21^{\circ} 22'$) eene ster, welke vooral door Kepler werd waargenomen en daarom de ster van Kepler genoemd werd. Op den 10^{den} October 1604 schitterde zij met meer licht dan Jupiter en Saturnus, maar was minder helder dan Venus. In het begin van Januari 1605 was zij nog helderder dan Antares, maar minder lichtgevend dan Arkturus, op het einde van Maart geleek zij niet meer dan eene ster van de 3^{de} grootte en tusschen Februari en Maart 1606 verdween zij voor het ongewapend oog.

In het jaar 1670 op den 20^{sten} Juni, zag Antheelmus dicht bij β Cygni eene nieuwe ster van de 3^{de} grootte ($1875 \text{ AR} = 19^{\text{h}} 42^{\text{m}} 26^{\text{s}}$, $\delta = +27^{\circ} 0'$), welke op den 20^{sten} Augustus nog slechts van de 5^{de} grootte was en na verloop van drie maanden verdween; op den 17^{den} Maart 1671 was zij weder van de 4^{de} grootte, op het einde van Maart 1672 verdween zij en sedert dien tijd is zij niet wedergezien.

In het jaar 1848 werd eene door Hind in Ophiuchus gevonden ster, (Mira Ophiuchi) ($1875 \text{ AR} = 16^{\text{h}} 52^{\text{m}} 30^{\text{s}}$, $\delta = -12^{\circ} 42'$), geteld bij de nieuwe sterren, maar zij behoort, ofschoon zij tot die helderheid, waarin Hind haar zag (5^{de} grootte) niet weder is terug gekomen, waarschijnlijk tot de veranderlijke, daar zij zich nu in den kijker als eene zwakke, nu eens meer dan weder minder lichtgevendende ster vertoont.

Evenzoo is eene ster in de Kroon (T Coronae, $1875 \text{ AR} = 15^{\text{h}} 54^{\text{m}} 16^{\text{s}}$, $\delta = +26^{\circ} 16'$), in het jaar 1866 in de maand Mei plotselijk als eene ster van de 2^{de} grootte gezien en sedert dien tijd, als eene ster tusschen de 1^{ste} en de 9^{de} grootte zichtbaar, bij de veranderlijke opgenomen.

Op hoedanige wijze deze nieuwe sterren ontstaan, tot welke soort van hemellichamen zij behooren is nog volstrekt onbekend. Verscheidene door de Ouden, door Tycho Brahe, Riccioli en anderen gestelde hypotheseën zijn niet meer te gebruiken. Hoogst waarschijnlijk zijn zij hemellichamen, waarop ophooping van gassen door eene of andere oorzaak aangestoken worden, daarna langzamerhand verbranden, zoodat alleen gedurende dien tijd de sterren helder licht geven, en dan onzichtbaar worden door den grooten afstand waarop zij van ons verwijderd zijn. Het is ook mogelijk, dat in het wereldruim wolken van kosmischen oorsprong door eene of andere oorzaak lichtend worden, en het verschijnsel van nieuwe sterren op die wijze teweeggebracht wordt.

f) De Melkweg.

Ieder aandachtig waarnemer zal in de verdeling der sterren aan den hemel eene groote ongelijkheid opmerken, aan de eene plaats vindt men slechts weinige, aan andere plaatsen zijn er vele opgehoopt. Maar in het bijzonder valt echter eene over den geheelen hemel loopende streep in het oog, die zich op vele plaatsen splitst en een wit melkachtig voorkomen heeft en daarom de Melkweg (Via lactea) genoemd wordt. Aan het noordelijk halfrond van den sterrenhemel loopt de Melkweg door het sterrenbeeld Cassiopeja (Pl. 1, Fig. 1) terwijl hij hier het smalste is; een hoofdstroom is alleen merkbaar daar, waar hij door Perseus gaat en met minder lichtkracht in den Voerman verschijnt. In den Stier wordt de Melkweg breeder en schijnt hij zich te splitsen, daar hij in het midden donkerder is. Hij neemt zijn weg door het zomersolstium van de ecliptica, strijkt langs Orion, richt zich naar den aequator, welken hij in de Eenhoorn doorsnijdt. Van dit punt af op het zuidelijk halfrond (Pl. 2, Fig. 1) neemt zijne helderheid aan de beide randen aanmerkelijk toe, in het schip Argo is hij weder zeer smal, wordt een weinig minder lichtgevend in de nabijheid van γ en ϵ Argus, dan weder breeder, maar wederom spoedig smaller bij het zuidelijke Kruis, alwaar hij een streep van niet meer dan $3-4^{\circ}$ breedte vormt. Onmiddellijk daarna breidt hij zich tot eene heldere en breede massa uit, waarin de ster α Crucis ligt, daarna scheidt zich een deel af, hetwelk zich tot den Wolf (Lupus) uitstrekt en daar onzichtbaar wordt. Bij β en α Centauri ziet men eene zwarte peervormige vlak, — Kolenzak — een zeer merkwaardige streek aan den zuidelijken hemel, die zijne zoo sterk in het oog vallende donkerheid alleenlijk verschuldigd is aan het contrast dat hij vormt met een van de meest heldere deelen van den Melkweg. Bij het sterrenbeeld de Winkelhaak (Norma) splitst zich de Melkweg opnieu in tweeën. De zuidelijke stroom is de hoofdstroom, gaat door Altair, een deel van den Schorpioen, naar den Schutter, alwaar hij in de nabijheid van het wintersolstium de ecliptica doorsnijdt, dan loopt hij in eene

onafgebroken vlokkege gedaante voort door den Arend (verg. weder Pl. 1), den Pijl, den Vos, tot de Zwaan, waar hij zich met den noordelijken tak verenigt, welke in het begin een onregelmatigen vorm heeft, en door Ophiuchus en den Vos loopt. Hier begint een zeer onregelmatig gedeelte; tusschen ϵ , γ en α in de Zwaan is eene breede donkere opening, die tevens een middelpunt is van waar weder vele stroomen uitgaan. De hoofdstroom gaat door Cassiopeja, waarvan wij uitgegaan zijn.

De Melkweg vertoont zich in den kijker geheel anders dan voor het ongewapend oog; het nevelachtige verdwijnt en er komen eene groote menigte telescopische sterren te voorschijn, die te zwak en te dicht bij elkander zijn om met het ongewapend oog afzonderlijk gezien te kunnen worden. Op enkele plaatsen zijn de sterren in zulk eene groote hoeveelheid tot kleine hoopen verenigd, dat men alleen met de meest vermogende kijkers de sterren afzonderlijk zien kan. Zulke vereenigeningen noemt men sterrenhoopen, en wegens het groote aantal sterren waaruit zij bestaan, moeten zich deze sterrenhoopen aan een waarnemer, welke zich in den sterrenhoop zelf, of in het midden of dicht bij zijn grens bevindt, als nieuwe melkwegen voordoen.

Op andere plaatsen van den melkweg kan men zelfs met den meest vermogenden kijker geene afzonderlijke sterren onderscheiden; die plaatsen behouden het nevelachtig voorkomen en gelijken op witte, wollige vlokken, welke men nevelvlakken noemt. Sterrenhoopen en nevelvlakken zijn, hoewel minder talrijk dan in den Melkweg, over den geheelen hemel verspreid en men heeft sedert meer dan honderd jaren aan deze voorwerpen zijne bijzondere aandacht gewijd.

g) Sterrenhoopen en nevelvlakken.

Enkele van deze voorwerpen zijn spoedig na de uitvinding van den verrekijker waargenomen. Een nevelvlak in Andromeda werd reeds in het jaar 1612 door Simon Marius gezien, de groote nevelvlak in Orion is voor het eerst in het jaar 1659 door Huygens beschreven. Eenige andere, die met het ongewapend oog gemakkelijk gezien kunnen worden, heeft men al zeer vroeg gekend en tot deze behooren, als men het woord sterrenhoop in den meest uitgebreiden zin opvat, in het noordelijk halfrond de Pleiaden, de Krijs en de Kreeft, in het zuidelijk halfrond twee witte heldere vlakken, welke de Magellaansche wolken of Kaapwolken genoemd worden, en reeds voor de ontdekking van Amerika aan de zeelieden, die van Babelmandeb naar Indië gingen, bekend waren.

Messier echter was de eerste die de nevelvlakken en sterrenhoopen, die hij met een kleinen kijker zag, en die veel overeenkomst hadden met kleine kometen, in eene lijst bij elkander bracht, omdat hij hunne plaatsen moest kennen, om hen bij zijne onderzoekingen van nieuw ontdekte kometen te kunnen onderscheiden.

William Herschel doorzocht met zijn goeden telescoop stelselmatig den hemel en ontdekte meer dan 3000 van deze voorwerpen, waaraan zijn beroemde zoon John Herschel door zijne waarnemingen, vooral die aan de Kaap de Goede Hoop, nog vele duizenden toevoegde, en in den jongsten tijd is het aantal nevelvlakken door andere sterrenkundigen, hoewel niet zeer aanzienlijk, toch vrij aanmerkelijk vergroot.

William Herschel verdeelde de nevelvlakken en sterrenhoopen in acht verschillende klassen, die, ten minste in het algemeen, een overzicht geven van de eigenaardige dikwijls wonderlijke gedaante en vorm.

De eerste klasse bevat de helder schitterende nevelvlakken, die zelfs door de beste telescopen niet in sterren ontbonden kunnen worden, van deze telt Herschel er 288. Tot de tweede klasse brengt hij de minder heldere nevelvlakken; zijn lijst vermeldt er 907; in de derde komen voor die, welke een mat licht geven, en ook niet ontbonden kunnen worden; hun aantal is 978. De in de vierde klasse voorkomende noemt hij planetarische nevelvlakken, welke te herkennen zijn aan hare cirkelvormige gedaante van 5 tot 10 en meer seconden middellijn, en aan eene gelijke lichtverdeling op alle deelen, terwijl de gedaante der voorwerpen behoorende tot de drie eerste klassen zeer onregelmatig en het licht zeer verschillend over de afzonderlijke deelen verdeeld is. In de vierde klasse brengt hij ook de nevelsterren en sterrennevels; de eerste zijn de helder schijnende sterren met cirkelvormigen, nevelachtigen dampkring, welker grenzen vloeiend uitloopen, terwijl de sterrennevels uit vaste sterren bestaan, omgeven van een eigenaardig gevormden nevel, wiens gedaante vergeleken kan worden bij die van een waaier of kindervalhoed.

De vijfde klasse bevat 52 zeer groote, dikwijls vele vierkante graden uitgebreide nevelvlakken met uitlopende takken of armen.

Tot de zesde, zevende en achtste klasse behooren de sterrenhoopen, de sterrenhoopen en de eigenlijke ophooping van kleine, dicht bij elkander gedrongen sterren. De zesde klasse bevat de vlakken aan den hemel, die zeer rijk aan sterren zijn, de zevende de meer dicht in elkander gedrongen en meestal cirkelvormige sterrenhoopen, en de achtste de zonder regelmaat verspreide groepen van kleine vaste sterren, die blijkbaar te zamen behooren en een zelfstandig stelsel van vaste sterren aan den hemel vormen.

Er is reeds vermeld, dat een groot aantal van deze sterrenhoopen en nevelvlakken zich be-

vindt in den Melkweg of in zijne nabijheid; zij komen voornamelijk voor in Orion, in het schip Argo, in den Schutter en in de Zwaan, alsmede voornamelijk in een gordel, welke loopt door den Leeuw, den grooten Beer, de Jachthonden, het hoofdhaar van Berenice, Boötes en de Maagd.

Aan den zuidelijken sterrenhemel zijn zij naar verhouding gelijkmatiger verdeeld dan aan den noordelijken, alleen zijn zij in de Kaapvolken zeer sterk opgehoopt. De nevelmassa's nemen eene aanzienlijke ruimte van den hemel in en W. Herschel schat de vlakteruimte, welke de door hem waargenomen nevelvlakken innemen, op meer dan 200 vierkante graden, wel een bewijs hoe groot deze massa's zijn.

Wij kunnen nog niet met zekerheid een oordeel vaststellen over de veranderingen, welke de plaatsen der nevelvlakken ondergaan; niettemin schijnt het, dat bij een dubbele nevelvlak in de Tweelingen ($A R = 7^h 17^m 40^s$, $\delta = +29^\circ 44'$) de afstand tusschen beide nevelvlakken veranderd is. Met vrij groote zekerheid weet men daarentegen, dat enkele van lichtkracht veranderd zijn. Zoo werd een nevelvlak in den Stier ($A R = 3^h 21^m 37^s$, $\delta = +30^\circ 57'$) in het jaar 1859 met een voorwerp van 69^{mm} (3 Zoll) middellijn en in 1862 nauwelijks met een van 230^{mm} (10 Zoll) middellijn gezien; ook is een nevelvlak in de Pleiaden ($A R = 3^h 38^m 45^s$, $\delta = +23^\circ 24'$) nu slechts met moeite te vinden, terwijl zij in 1859 met een kleinen kijker reeds te zien was. Eindelijk kon men in 1806 een derde nevelvlak ($A R = 4^h 40^m 40^s$, $\delta = +19^\circ 13'$) bij maanschijn zien en in 1862 was zij alleen nog maar even in den grooten refractor van de sterrenwacht te Pulkowa zichtbaar.

Wij weten nog weinig van de natuur der nevelvlakken. Misschien voegen zich kosmische in het geheele hemelruim verspreide lichte massa's samen en nemen deze, na voorafgegane

strijd om het evenwicht te herstellen, de meest verschillende vormen aan, en de meening, welke men een tijd lang toegedaan was, dat alle nevelvlakken alleen dicht ineengedrongen sterrenhoopen moesten zijn, zoodat men ze met onze tegenwoordige optische hulpmiddelen moest kunnen ontbinden, wordt door de jongste onderzoekingen met den spectroscop, zoo al niet met volstrekte zekerheid, dan toch met groote waarschijnlijkheid gelogenstraft. Het spectrum van eene nevelvlak is niet zooda's dat der vaste sterren onafgebroken (continuïerlich), dus niet regelmatig voortgaande en alleen afgebroken door talrijke donkere strepen, naar zoogenaamd afgebroken (discontinuïerlich), dat wil zeggen bestaande uit eenige lichte strepen, zooals het spectrum van gassorten.

De meest volledige lijst van sterrenhoopen en nevelvlakken, waarbij de vroegere lijsten gebruikt zijn, heeft John Herschel in de „Philosophical Transactions” voor 1864, onder den titel van: „Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars, By Sir John Frederik William Herschel,” welke 5079 van deze voorwerpen bevat, uitgegeven.

Wij vermelden hier de heldere, die met kleine kijkers gezien kunnen worden en waarvan de meeste reeds door Messier waargenomen zijn, en eenige der meest belangrijke en meest merkwaardige.

In de volgende lijst bevat de eerste kolom de doorlopende nummers, de tweede de nummers voorkomende in den bovengenoemden catalogus van J. Herschel van het jaar 1864, de derde de nummers naar de lijst van Messier, de vierde en de zesde de rechte opklimming ($A R$) en de declinatie (δ), en eindelijk de achtste opmerkingen over hunne eigenaardigheden, als uiterlijk voorkomen enz.

Lijst van de voornaamste nevelvlakken en sterrenhoopen.

Doorlopend nummer.	Hersch.	Messier.	Rechte opklimming voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	Declinatie voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	OPMERKINGEN.
1	20	.	0 6 19	+ 3.19	+ 71 49.6	+ 0.33	Sterrennevel, eene ster van de 10 ^{de} grootte, met een rond duidelijk begrensde lichtomhulsel van 15".
2	52	.	0 18 28	+ 2.72	- 72 46.6	+ 0.33	Groote sterrenhoop in Toucan, in het midden zijn de sterren het meest opgehoopt. Zie Plaat 2, Fig. 3.
3	116	31	0 35 53	+ 3.25	+ 40 35.0	+ 0.33	De groote nevelvlak in Andromeda, zichtbaar voor het ongewapend oog. Bond heeft er eene groote menigte sterren in gezien.
4	117	32	0 35 54	+ 3.25	+ 40 10.7	+ 0.33	Groote, ronde, schoone nevelvlak, in het midden meer lichtgevende dan aan de randen.
5	256	.	1 11 21	+ 3.72	+ 57 40.2	+ 0.32	Dubbele ster, de helderste van de 10 ^{de} grootte, gelegen in het midden van een ronden sterrenhoop.
6	307	.	1 18 14	+ 3.14	+ 8 52.9	+ 0.31	Zeer heldere, ronde, naar 't midden toe sterk in lichtkracht toenemende nevelvlak van 1" middellijn.
7	352	33	1 26 47	+ 3.36	+ 30 1.2	+ 0.31	Groote, ronde, zeer heldere nevelvlak, met vele sterren.
8	372	74	1 29 59	+ 3.21	+ 15 8.8	+ 0.31	Kogelvormige sterrenhoop.
9	385	76	1 34 19	+ 3.33	+ 50 55.7	+ 0.31	Heldere dubbele nevelvlak.
10	400	.	1 42 25	+ 3.13	+ 5 17.3	+ 0.30	Eene ster der 9 ^{de} grootte; staat aan het uiterste einde van een zeer fijne nevelstreep.
11	428	.	1 45 49	+ 3.57	+ 40 6.8	+ 0.30	55 Andromedae. Fijne dubbele ster met een rond lichtomhulsel van 90" middellijn.
12	.	.	2 10 19	+ 4.16	+ 56 33.4	+ 0.28	Sterrenhoop in Persens, voor het ongewapend oog zichtbaar als een flauwe wolk, bestaat uit sterren van de 6 ^{de} —14 ^{de} grootte; hij vertoont twee ophooping en als middelpunten, in zijn midden staat een roode ster en hij vormt een van de schoonste telescopische voorwerpen aan den hemel. De plaatsbepaling geldt de heldere ster h Persei.
13	527	.	2 14 46	+ 3.74	+ 41 47.4	+ 0.28	Fijne sterk elliptisch gevormde nevelvlak, 4' lang, 40" breed, in het midden is zij donker en staat met twee kleine sterren.
14	584	34	2 34 0	+ 3.83	+ 42 15.0	+ 0.26	Heldere, groote langwerpige sterrenhoop.
15	600	77	2 36 16	+ 3.06	- 0 32 0	+ 0.26	Heldere groote nevelvlak, van onregelmatige gedaante; middellijn 2'.
16	731	.	3 28 52	+ 2.29	- 36 33.5	+ 0.20	Groote, schoone nevelvlak, omgeven door een uitgebreiden kring.
17	.	45	3 40 3	+ 3.55	+ 23 43.0	+ 0.19	De Pleiaden. De groep bevat 1 ster van de 3 ^{de} , 3 sterren van de 4 ^{de} , 4 sterren van de 5 ^{de} , en 2 sterren van de 6 ^{de} grootte. De plaats geldt voor de ster x Tauri (Alcyone). Zie Plaat 1, Fig. 2.
18	810	.	4 1 25	+ 3.75	+ 30 27.0	+ 0.16	Ster van de 8.9 grootte met zwakken nevel van 25" middellijn.
19	822	.	4 7 9	+ 2.30	- 33 10.3	+ 0.16	Vrij heldere, langwerpige nevelvlak, in het midden en aan het einde is zij helderder dan aan de randen; op haar volgt een tweede nevelvlak. Nevelvlak in Eridanus. — Zie Plaat 2, Fig. 2.
20	875	.	4 28 53	+ 1.82	- 54 52.3	+ 0.13	Heldere, groote, uitgebreide nevelvlak.
21	1060	.	5 9 20	- 0.31	- 68 54.7	+ 0.07	Groote, heldere sterrenhoop, langwerpig gevormd.
22	1061	.	5 9 59	+ 1.97	- 40 11.3	+ 0.07	Kogelvormige sterrenhoop, in het midden aanmerkelijk meer lichtgevend.
23	1067	.	5 11 28	+ 4.14	+ 39 12.5	+ 0.07	Rijke groep met eene oranjekeurige ster van de 7 ^{de} grootte.

Doorlopend nummer.	Hersch.	Messier.	Rechte opklimming voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	Declinatie voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	OPMERKINGEN.
24	1112	79	5 19 3	+ 2.47	- 24 38.8	+ 0.06	Zeer rijke en groote sterrenhoop van kogelvormige gedaante.
25	1119	38	5 20 17	+ 4.02	+ 35 43.2	+ 0.06	Heldere, groote sterrenhoop van onregelmatigen vorm, bestaande uit vele sterren.
26	1137	.	5 23 10	+ 3.97	+ 44 8.7	+ 0.05	Drievoudige ster, omgeven van een ronden nevel. De sterren vormen een kleinen, gelijkzijdigen driehoek.
27	1157	1	5 26 58	+ 3.60	+ 31 55.4	+ 0.05	Eene eigenaardige zeer schoone nevelvorming met zeer vele kleine sterren, door Herschel „Crab-nebula” genoemd.
28	1166	36	5 28 3	+ 3.97	+ 34 3.2	+ 0.05	Heldere, groote, en rijke sterrenhoop van langwerpige gedaante met sterren van de 9—11 ^{de} grootte.
29	1179	42	5 29 8	+ 2.94	- 5 28.5	+ 0.04	De groote nevelvlak bij β^1 Orionis, zie Pl. 2 fig. 4.
30	1185	43	5 29 23	+ 2.95	- 5 21.1	+ 0.04	(144 Bode Orionis) groote nevel, in het midden eene ster der 8 ^{ste} grootte.
31	1193	.	5 29 52	+ 3.04	- 1 17.1	+ 0.04	(ϵ Orionis), vaste ster, omgeven door eene groote nevelvlak.
32	1225	.	5 35 16	+ 3.28	+ 9 1.5	+ 0.04	Planetairische, enigermate ellipsvormige nevelvlak van 12" middellijn.
33	1269	.	5 39 34	- 0.42	- 69 9.9	+ 0.03	Zeer heldere en groote nevelvlak, aan de randen getand.
34	1267	78	5 40 20	+ 3.07	+ 0 0.1	+ 0.03	Groote heldere nevelvlak, waarin drie sterren gelegen zijn.
35	1295	37	5 44 6	+ 3.92	+ 32 30.6	+ 0.02	Groote sterrenhoop, met vele heldere en zwakke sterren.
36	1360	35	6 1 8	+ 3.68	+ 24 20.7	+ 0.00	Rijke, spiraalvormige sterrenhoop.
37	1425	.	6 25 48	+ 3.31	+ 10 14.8	- 0.04	Ster van de 11 ^{de} grootte, met ronden melkachtigen nevel, 70—80" middellijn.
38	1437	.	6 32 20	+ 3.28	+ 8 50.9	- 0.05	Ster van de 11 ^{de} grootte met waaiervormigen nevelstaart.
39	1440	.	6 34 6	+ 3.39	+ 9 29.8	- 0.05	(15 Monocerotis) Eene ster van de 4 ^{de} grootte; 15 zwakke en een aantal zeer zwakke sterren worden in een nevel besloten.
40	1454	41	6 41 39	+ 2.58	- 20 36.9	- 0.06	Groote, heldere, langwerpige sterrenhoop met eene ster van de 8 ^{ste} grootte.
41	1465	.	6 45 21	+ 3.09	+ 0 36.3	- 0.07	Sterengroep in drie deelen gesplitst, middellijn 20", eene dubbele ster gelegen in ieder hoofddeel.
42	1467	.	6 47 48	+ 3.50	+ 18 9.8	- 0.07	Waaiervormige uitgebreide sterrengroep, 6' lang en breed.
43	1483	50	6 56 56	+ 2.89	- 8 9.8	- 0.08	Groote, uitgebreide sterrenhoop met zwakke sterren.
44	1487	.	6 58 15	+ 2.82	- 11 8.1	- 0.08	Dubbele ster in het midden van een ronden nevelvlak.
45	1520	.	7 17 41	+ 3.79	+ 29 44.0	- 0.11	Dubbele nevelvlak; middellijn van de kern 30".
46	1532	.	7 21 48	+ 3.56	+ 21 9.7	- 0.12	Ster van de 8 ^{ste} grootte, met ronden nevel van 12" middellijn.
47	1564	46	7 36 6	+ 2.75	- 14 31.9	- 0.14	Planetairische nevelvlak van 56" middellijn, met gelijkmatige lichtverdeling.
48	1571	93	7 39 27	+ 2.54	- 23 34.8	- 0.14	Groote, langwerpige, zeer rijke sterrenhoop met sterren van de 8 ^{ste} —13 ^{de} grootte.
49	1593	.	7 47 51	+ 2.13	- 38 13.4	- 0.15	Vrij uitgebreide, heldere sterrenhoop.
50	1594	47	7 49 2	+ 2.75	- 15 5.6	- 0.15	Sterrenhoop zonder nevel.
51	1637	.	8 7 35	+ 2.96	- 5 25.2	- 0.18	Rijke groep van sterren van de 9 ^{de} —13 ^{de} grootte met vele kleine lichte punten; in het midden eene dubbelster.
52	1678	.	8 32 5	+ 2.47	- 29 31.4	- 0.21	Fijne sterrenhoop, bestaande uit sterren van de 11 ^{de} —13 ^{de} grootte; middellijn 6".

Doordoopend nummer.	Herschel.	Messier.	Rechte opklaring voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	Declinatie voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	OPMERKINGEN.
53 1681	44	u m s	8 33 1	+ 3.46	+ 20 24.3	- 0.21	De Krib en de Kreeft. Bestaat uit 11 sterren van de 7de grootte, 15 sterren van de 8ste grootte en vele zwakkere sterren.
54 1684	.	8 34 43	+ 4.34	+ 50 39.1	- 0.21	- 0.21	Ellipsvormige nevelvlak, in het midden helder, lang 30", breed 20".
55 1698	.	8 40 19	+ 3.37	+ 13 3.6	- 0.22	- 0.22	Schoone sterrengroep. Vele sterren van de 9de—10de grootte bevinden zich om eene centralster.
56 1712	67	8 44 24	+ 3.29	+ 12 16.1	- 0.22	- 0.22	Heldere, groote sterrenhoop met sterren van de 10de—15de grootte.
57 1721	.	8 48 6	+ 3.03	- 2 35.4	- 0.22	- 0.22	Ellipsvormige, aan de einden zeer spits toeloopende nevelvlak, aan ieder einde staat een sterretje.
58 1729	.	8 49 53	+ 4.44	+ 54 14.7	- 0.23	- 0.23	Ster van de 11de grootte in eene lichte waaiervormige nevelvlak.
59 1783	.	9 7 44	+ 2.25	+ 41 55.3	- 0.24	- 0.24	Planetairische nevelvlak, waarin eene ster van de 9de grootte staat.
60 1793	.	9 9 28	+ 1.18	- 64 21.0	- 0.25	- 0.25	Groote, kogelvormige sterrenhoop, in het midden zijn de sterren sterk opgehoopt; middellijn 11".
61 1801	.	9 10 58	+ 2.42	- 36 6.8	- 0.25	- 0.25	Groote, vrij heldere planetairische nevelvlak.
62 1843	.	9 17 54	+ 1.69	- 57 46.8	- 0.25	- 0.25	Planetairische nevelvlak, wier helderheid gelijk is aan die van eene ster der 8ste grootte.
63 1949	81	9 45 5	+ 5.07	+ 69 39.7	- 0.28	- 0.28	In 1774 door Bode ontdekt. Ellipsvormige, zeer uitgebreide nevelvlak, zwakke stralen aan de randen zichtbaar, het meest heldere gedeelte lang 4', breed 4'.
64 1950	82	9 45 9	+ 5.14	+ 70 21.6	- 0.28	- 0.28	Zeer groote, heldere, uitgebreide nevelvlak.
65 2017	.	10 1 46	+ 2.52	- 39 49.4	- 0.29	- 0.29	Groote, planetairische nevelvlak, in wier midden zich eene ster van de 9de grootte bevindt.
66 2063	.	10 10 44	- 0.51	- 80 14.8	- 0.30	- 0.30	Planetairische, vrij heldere kleine nevelvlak, in wier nabijheid drie zwakke sterren staan.
67 2067	.	10 12 18	+ 2.13	- 57 20.1	- 0.30	- 0.30	Heldere, groote nevelvlak met eene dubbelster.
68 2099	.	10 18 20	+ 3.25	+ 17 47.2	- 0.30	- 0.30	Ster van de 9de grootte, omgeven van een ellipsvormigen nevel.
69 2102	.	10 18 45	+ 2.89	- 18 0.4	- 0.30	- 0.30	Planetairische nevelvlak, twee ellipsvormige ringen, in het centrum eene kern (afgebeeld op plaat 2 fig. 5).
70 2158	.	10 30 56	+ 3.77	+ 54 9.5	- 0.31	- 0.31	Ronde, heldere, naar het midden sterk in licht toenemende nevelvlak, middellijn van de kern 15", lichtomhulsel heeft 1' middellijn.
71 2184	95	10 37 24	+ 3.17	+ 12 20.9	- 0.31	- 0.31	Groote, ronde nevelvlak, naar het midden in lichtkracht toenemende.
72 2194	96	10 40 8	+ 3.17	+ 12 28.4	- 0.31	- 0.31	Zeer groote, heldere langwerpige nevelvlak, naar het midden in lichtkracht toenemende.
73 2197	.	10 40 11	+ 2.31	- 59 1.5	- 0.31	- 0.31	De groote nevelvlak bij γ Argus.
74 2308	.	11 1 12	+ 2.53	- 57 59.9	- 0.32	- 0.32	Zeer groote ronde sterrenhoop met sterren van de 8ste—12de grootte.
75 2343	97	11 7 27	+ 3.51	+ 55 41.5	- 0.33	- 0.33	Planetairische heldere nevelvlak van 5' middellijn.
76 2373	65	11 12 24	+ 3.14	+ 13 46.3	- 0.33	- 0.33	Ellipsvormige groote nevelvlak, met ronde spiraalvormig gewondene kern.
77 2377	66	11 13 36	+ 3.14	+ 13 39.8	- 0.33	- 0.33	Groote, heldere nevelvlak, naar het midden in lichtkracht toenemende; twee sterren staan ten noorden op korten afstand.
78 2445	.	11 26 34	+ 3.28	+ 47 44.1	- 0.33	- 0.33	Lange, heldere ellipsvormige sterrennevel, lang 4', breed 2'.
79 2507	.	11 46 18	+ 3.15	+ 44 49.4	- 0.33	- 0.33	Schoone, heldere, ronde nevelvlak, aan de randen sterk vloeiend uitlopende; middellijn 3—4".
80 2671	.	11 55 30	+ 3.06	- 18 10.2	- 0.33	- 0.33	De noordelijkste van twee ronde in elkander vloeiende nevelvlakken, beide naar het midden in lichtkracht toenemende.
81 2786	98	12 7 26	+ 3.06	+ 15 36.0	- 0.33	- 0.33	Nevelvlak in den vorm van 'strepen ten lengte van 10'.
82 2795	.	12 8 31	+ 3.06	+ 13 51.0	- 0.33	- 0.33	Elliptische spiraalvormige nevelvlak; in de kern is eene kleine ster aanwezig.
83 2838	99	12 12 28	+ 3.05	+ 15 6.9	- 0.33	- 0.33	Groote nevelvlak, in het midden helder, bestaande uit drie spiraalvormige takken.
84 2878	61	12 15 31	+ 3.06	+ 5 10.1	- 0.33	- 0.33	Zeer groote, heldere nevelvlak, met dubbele kern.
85 2890	100	12 16 36	+ 3.04	+ 16 31.1	- 0.33	- 0.33	Groote, zwakke nevelvlak, met twee spiraalvormige armen.
86 2915	.	12 17 55	+ 3.06	+ 5 37.5	- 0.33	- 0.33	Ster van de 8ste—9de gr. met een heldere, ronde lichtkroon.
87 2930	.	12 18 43	+ 3.04	+ 13 34.9	- 0.33	- 0.33	Heldere, ronde, vrij groote nevelvlak.
88 2946	85	12 19 5	+ 3.03	+ 18 52.8	- 0.33	- 0.33	Heldere, vrij groote, ronde nevelvlak, in het midden in lichtkracht toenemende; eene ster bevindt zich op eenigen afstand aan het noorden.
89 2958	.	12 19 37	+ 2.99	+ 34 14.4	- 0.33	- 0.33	Twee aan elkander verbondene nevelvlakken 10' lang, 3' breed.
90 2961	86	12 19 46	+ 3.04	+ 13 37.8	- 0.33	- 0.33	Heldere, groote, ronde nevelvlak, met kern.
91 3021	49	12 23 25	+ 3.05	+ 8 41.3	- 0.33	- 0.33	Heldere, groote nevelvlak, naar het midden in lichtkracht toenemende.
92 3035	87	12 24 30	+ 3.04	+ 13 4.5	- 0.33	- 0.33	Heldere, groote, ronde nevelvlak, in het midden meer lichtgevend dan aan de randen.
93 3049	88	12 25 40	+ 3.03	+ 15 6.6	- 0.33	- 0.33	Zeer groote, uitgebreide, vrij heldere dubbele nevelvlak.
94 3097	89	12 29 21	+ 3.03	+ 13 14.9	- 0.33	- 0.33	Eene naar het midden in lichtkracht toenemende, ronde, kleine nevelvlak.
95 3106	.	12 30 8	+ 2.99	+ 26 40.5	- 0.33	- 0.33	Nevelstreek van 15' lengte met zwakke kern, in wier midden zich eene ster van de 11de grootte bevindt.
96 3111	90	12 30 38	+ 3.03	+ 13 50.7	- 0.33	- 0.33	Vrij groote nevelvlak met kern.
97 3121	58	12 31 22	+ 3.03	+ 12 30.2	- 0.33	- 0.33	Groote, heldere, onregelmatig gevormde nevelvlak, in het midden meer lichtgevend dan aan den omtrek.
98 3128	68	12 32 53	+ 3.17	- 26 3.7	- 0.33	- 0.33	Groote, kogelvormige sterrenhoop, zeer rijk, met eene roodachtige ster er in.

Doordoopend nummer.	Herschel.	Messier.	Rechte opklaring voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	Declinatie voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	OPMERKINGEN.
99 3132	.	u m s	12 33 31	+ 3.11	- 10 55.2	- 0.33	Heldere, ellipsvormige nevelvlak, 5' lang, $\frac{1}{2}$ ' breed. Tusschen de lichte kern en den nevel is een donkere ring.
100 3155	59	12 35 42	+ 3.03	+ 12 21.0	- 0.33	- 0.33	Vrij groote, uitgebreide nevelvlak, voorafgegaan door twee sterren.
101 3165	.	12 36 7	+ 3.93	+ 33 13.7	- 0.33	- 0.33	Lange, ellipsvormige streep met zwakke kern, waarin een helder sterretje staat.
102 3182	60	12 37 20	+ 3.02	+ 12 14.4	- 0.33	- 0.33	Vrij heldere, groote, ronde dubbele nevelvlak.
103 3189	.	12 37 52	+ 2.93	+ 32 51.2	- 0.33	- 0.33	Twee ellipsvormige nevelvlakken, waarvan de grootste de helderste is.
104 3190	.	12 38 0	+ 2.93	+ 32 53.6	- 0.33	- 0.33	Groote onregelmatig gevormde nevelvlak met heldere kern.
105 3258	94	12 45 0	+ 2.84	+ 41 48.5	- 0.33	- 0.33	Ronde nevelvlak van 40" middellijn.
106 3270	.	12 45 33	+ 2.17	+ 73 33.5	- 0.33	- 0.33	γ Crucis. Op eene vlakteruimte van $\frac{1}{2}$ □ vertoonen zich meer dan 100 sterren van de 7de—15de grootte, waarvan er verscheidene rood, groen en blauw licht afzenden.
107 3275	.	12 46 15	+ 3.53	- 59 40.3	- 0.33	- 0.33	Zeer fijne dubbelster met helderen ronden nevel van 6' middellijn.
108 3321	64	12 50 36	+ 2.95	+ 22 21.8	- 0.33	- 0.33	Zwakke, ellipsvormige nevelstreek met twee sterren aan zijne eindpunten.
109 3340	.	12 53 6	+ 2.85	+ 35 33.1	- 0.33	- 0.33	Ovale nevelvlak, aan hare einden eene ster van de 10de grootte.
110 3356	.	12 54 20	+ 3.05	+ 3 10.1	- 0.32	- 0.32	Sterrenhoop met sterren van de 10de—15de grootte, in het midden zeer helder, aan de randen met kromme tanden, middellijn 5'.
111 3453	53	13 6 46	+ 2.94	+ 18 50.1	- 0.32	- 0.32	Heldere, groote nevelvlak van langwerpige gedaante, met kern.
112 3474	63	13 10 12	+ 2.70	+ 42 41.5	- 0.32	- 0.32	Groote, heldere, streepvormige nevelvlak, in tweeën gesplitst.
113 3525	.	13 18 7	+ 3.48	- 42 21.9	- 0.31	- 0.31	Merkwaardige sterrenhoop bij α Centauri, met ongewapend oog als sterren van de 4de—5de grootte zichtbaar, gevormd uit sterren van de 12de—15de grootte; middellijn 20".
114 3531	.	13 19 17	+ 3.55	- 46 39.5	- 0.31	- 0.31	Spiraalvormige windingen gaan van eene lichte, stralende kern uit, terwijl zij zich in een weinig vermogenden kijker als eene ringvormige nevelvlak vertoonen. Nevelvlak in de Jachthonden, zie Plaat I fig. 4.
115 3572	51	13 24 34	+ 2.54	+ 47 50.3	- 0.31	- 0.31	Betrekkelijk lange, vrij groote, kromme nevelvlak, waarin 4 sterren staan.
116 3570	.	13 24 43	+ 4.13	- 65 19.9	- 0.31	- 0.31	Groote, heldere nevelvlak met kern en drie spiraalvormige armen.
117 3606	83	13 29 59	+ 3.36	- 29 14.2	- 0.31	- 0.31	Minstens 1000 sterren van de 11de grootte; bijna in het midden van het voorwerp staat eene heldere ster.
118 3636	3	13 26 22	+ 2.77	+ 29 0.3	- 0.30	- 0.30	Eene groote, heldere nevelvlak van langwerpige gedaante met dubbelster.
119 3706	.	13 50 14	+ 3.58	- 39 22.2	- 0.30	- 0.30	Groote, vrij heldere nevelvlak van onregelmatigen vorm met kleine, lichte kern.
120 3770	101	13 58 45	+ 2.13	+ 54 58.3	- 0.29	- 0.29	Zeer groote, ronde groep van 8—10' middellijn, met eene lichte kern.
121 3776	.	13 59 49	+ 2.70	+ 29 7.5	- 0.29	- 0.29	Twee ellipsvormige aan elkander grenzende nevelvlakken.
122 4051	.	15 1 43	+ 2.72	+ 20 2.5	- 0.23	- 0.23	Kogelvormige sterrenhoop met sterren van de 11de—15de grootte; middellijn 24".
123 4052	.	15 1 50	+ 2.72	+ 20 7.5	- 0.23	- 0.23	Moelijk oplosbare sterrenhoop; middellijn 2'.
124 4083	5	15 12 13	+ 3.03	+ 2 33.5	- 0.22	- 0.22	Kogelvormige sterrenhoop met sterren van de 13de—15de grootte, in het midden opgehoopt.
125 4118	.	15 31 22	+ 2.95	+ 6 23.8	- 0.20	- 0.20	Groote, heldere, kogelvormige sterrenhoop, in het midden sterk opgehoopt.
126 4132	.	15 37 52	+ 3.90	- 37 22.3	- 0.19	- 0.19	Sterrenhoop met vele heldere sterren.
127 4173	80	16 9 35	+ 3.57	- 22 39.9	- 0.15	- 0.15	In 1714 door Halley ontdekt. Vele duizenden sterren van de 10de—15de grootte, aan den omtrek straalsgewijs uitlopende; middellijn 7—8', sterrenhoop in Hercules, zie Pl. I fig. 3.
128 4183	4	16 15 58	+ 3.66	- 26 13.4	- 0.15	- 0.15	Groote, heldere, kogelvormige sterrenhoop, in het midden opgehoopt.
129 4230	13	16 37 13	+ 2.14	+ 36 41.9	- 0.12	- 0.12	Groote, heldere, kogelvormige sterrenhoop met vrij duidelijke kern, middellijn 10'.
130 4238	12	16 40 45	+ 3.11	- 1 43.5	- 0.11	- 0.11	Groote, zeer rijke, uit sterren van de 11de—13de grootte bestaande sterrenhoop.
131 4256	10	16 50 35	+ 3.16	- 3 53.6	- 0.10	- 0.10	Groote, heldere sterrenhoop.
132 4260	.	16 51 42	+ 4.33	- 44 28.3	- 0.10	- 0.10	Groote, ronde, heldere sterrenhoop, in het midden sterk opgehoopt.
133 4261	62	16 53 16	+ 3.81	- 29 55.1	- 0.10	- 0.10	Vrij heldere, kleine, planetairische nevelvlak.
134 4264	19	16 54 55	+ 3.70	- 26 4.6	- 0.09	- 0.09	Nevelvlak van 3—4' middellijn, in een veel vermogenden kijker oplosbaar in zeer vele kleine sterren.
135 4284	.	17 10 52	+ 4.72	- 41 36.6	- 0.07	- 0.07	Groote, heldere, kogelvormige sterrenhoop, in het midden sterk opgehoopt.
136 4287	9	17 11 50	+ 3.51	- 18 24.0	- 0.07	- 0.07	Vrij heldere, kleine nevelring.
137 4294	92	17 13 25	+ 1.84	+ 43 15.5	- 0.07	- 0.07	Groote, heldere, zeer rijke, kogelvormige sterrenhoop.
138 4302	.	17 21 45	+ 3.65	- 23 38.6	- 0.05	- 0.05	Groote, zeer ingedrongen sterrenhoop van onregelmatigen vorm met sterren van de 7de—10de grootte.
139 4315	14	17 31 3	+ 3.15	- 3 10.0	- 0.04	- 0.04	Vrij rijke, heldere sterrenhoop, bestaande uit sterren van de 7de—12de grootte.
140 4318	6	17 31 54	+ 3.90	- 32 7.7	- 0.04	- 0.04	60—80 sterren van de 9de—13de grootte.
141 4340	7	17 45 40	+ 4.00	- 34 46.9	- 0.02	- 0.02	Op de wijze van een vork in drieën gespleten nevelvlak met eene dubbelster, waarnevens eene donkere, onregelmatige opening.
142 4346	23	17 49 34	+ 3.53	- 19 0.0	- 0.01	- 0.01	
143 4355	20	17 54 47	+ 3.64	- 23 1.8	- 0.01	- 0.01	

Doorlopend nummer.	Herschel.	Messier.	Rechte opklaring voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	Declinatie voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	OPMERKINGEN.
144 4361	8	17 56 13	+ 3.68	— 24 21.3	— 0.01		Zeer groote, heldere nevelvlak met vele sterren, onregelmatig gevormd.
145 4367	21	17 57 8	+ 3.63	— 22 30.2	0.00		Rijke sterrenhoop, bestaande uit sterren van de 9de—12de grootte.
146 4390	.	18 6 1	+ 2.91	+ 6 49.2	+ 0.01		Ronde, scherp begrensde nevelvlak, welke de helderheid heeft van een ster van de 8ste—9de grootte; middellijn 8".
147 4395	.	18 9 40	+ 3.53	— 19 54.9	+ 0.01		Heldere, ellipsvormige nevelvlak; in ieder brandpunt staat een sterretje.
148 4397	24	18 11 6	+ 3.52	— 18 27.9	+ 0.02		Zeer rijke, ronde sterrenhoop.
149 4400	16	18 11 48	+ 3.40	— 13 49.8	+ 0.02		Sterrenhoop bestaande uit meer dan 100 groote en kleine sterren.
150 4401	18	18 12 37	+ 3.48	— 17 10.9	+ 0.02		Sterrenhoop.
151 4403	17	18 18 25	+ 3.46	— 16 13.3	+ 0.02		Groote, heldere nevelvlak van onregelmatige gedaante, met twee verhevenheden en twee ronde lichte vlakken.
152 4406	28	18 16 51	+ 3.69	— 24 56.1	+ 0.02		Kogelvormige sterrenhoop, groot, helder, in het midden sterk opgehoopt, bestaande uit sterren van de 14de—16de grootte.
153 4411	69	18 23 12	+ 3.92	— 32 26.0	+ 0.03		Ronde sterrenhoop met vele zwakke sterren.
154 4424	22	18 28 47	+ 3.66	— 23 59.8	+ 0.04		Schoone, kogelvormige groep, naar het midden toe helder wordende, zonder kern.
155 4428	70	18 35 3	+ 3.91	— 32 24.4	+ 0.05		Rijke sterrenhoop met sterren van de 10de—18de grootte.
156 4432	26	18 38 22	+ 3.29	— 9 31.4	+ 0.06		Samengedrongen sterrenhoop met sterren van de 12de—15de grootte.
157 4437	11	18 44 26	+ 3.22	— 6 25.2	+ 0.06		In 1681 door Kirch ontdekt. Onregelmatige groep van 10—12 middellijn, in het midden een ster van de 9de grootte.
158 4442	54	18 47 4	+ 3.85	— 30 37.5	+ 0.07		Kogelvormige sterrenhoop; in het midden zijn de sterren opgehoopt.
159 4447	57	18 48 53	+ 2.23	+ 32 52.1	+ 0.07		Nevelring in de Lier. Men heeft hem met een veel vermogenen kijker in vele kleine sterren kunnen ontdekken. Zie Pl. I fig. 5.
160 4485	56	19 11 42	+ 3.34	+ 29 57.9	+ 0.10		Rijke, zeer ineengedrongen groep, in het midden zeer helder, heeft nagenoeg den vorm van een driehoek, grootste middellijn 3".
161 4499	.	19 25 36	+ 2.87	+ 8 58.2	+ 0.12		Sterrenhoop, rijk aan sterren, ofschoon slechts 40" middellijn hebbende.
162 4503	55	19 32 5	+ 3.82	— 31 13.8	+ 0.13		Groote, zeer rijke, kogelvormige sterrenhoop met sterren van de 12de—15de grootte.
163 4510	.	19 36 54	+ 3.39	— 14 26.8	+ 0.14		Heldere, planetarische nevelvlak, volkomen rond; middellijn 10".
164 4520	70	19 47 9	+ 2.67	+ 18 27.4	+ 0.15		Groote, zeer rijke sterrenhoop, bestaande uit sterren van de 11de—16de grootte.
165 4532	27	19 54 8	+ 2.59	+ 22 22.7	+ 0.16		Ellipsvormige nevelvlak, aan de einden van de kleine as zeer helder, terwijl zij aan de einden van de groote as een groote lichte vlak vertoont.
166 4543	75	19 58 42	+ 3.55	— 22 16.0	+ 0.16		Kogelvormige nevelvlak met zeer duidelijk zichtbare kern.

Onze platen 1 en 2 geven van de genoemde nevelvlakken en sterrenhoopen, in de hoeken, de volgende afbeeldingen:

- Pl. I. fig. 2 de Pleiaden, zooals zij in een kometenzoeker (een kijker met $\pm$ tienmalige vergroeting) gezien worden. De helderste ster in het midden, γ Tauri = Alcyone (AR = 3^h 40^m 3^s, δ = + 23° 43'), is van de 3de grootte, terwijl δ van de haar omringende sterren van de 4de grootte en drie van de 5de grootte zijn, en zich gemakkelijk met het ongewapend oog laten onderscheiden, bovendien wordt zij omgeven door twee sterren, die nauwelijks tot de 6de grootte behooren en nog een 40tal telescopische sterren.
- Pl. I. fig. 3 stelt den sterrenhoop in Hercules voor (AR = 16^h 37^m 13^s, δ = + 36° 42'), bij welke in het midden de sterren zeer sterk zijn samengedrongen, zoodat men de afzonderlijke sterren nauwelijks onderscheiden kan; aan de uiterste grenzen kan men zijne natuur duidelijk herkennen.
- Pl. I. fig. 4 geeft de afbeelding van een merkwaardige spiraalvormige nevelvlak in de Jacht-honden (AR = 13^h 24^m 34^s, δ = + 47° 50'), welke in haar midden zeer helder is, alsmede in een zijtak; in de nabijheid van de nevelvlak staan eenige sterren.
- Pl. I. fig. 5 geeft een merkwaardige ringvormige nevelvlak (AR = 18^h 48^m 53^s, δ = + 47° 52') welke zich bevindt tusschen β en γ Lyrae en in wier nabijheid twee zwakke sterren staan.
- Pl. II. fig. 2 geeft een afbeelding van een nevelstelsel in Eridanus (AR = 4^h 7^m 9^s, δ = — 34° 10'), bestaande uit een lange nevelvlak, welke in het midden en aan de uiteinden ophooping van licht vertoont en bovendien nog een kleine ronde nevelvlak naast zich heeft.
- Pl. II. fig. 3 stelt een sterrenhoop in Toucan voor (AR = 0^h 18^m 28^s, δ = — 72° 47'), wiens sterren in het midden sterk opgehoopt zijn, zoodat hij evenals bij de nevelvlak in Hercules in het midden het meeste licht geeft, echter een veel grotere ruimte inneemt en aan de randen veel verspreide sterren telt, waaronder twee heldere aan de plaats waar het licht het meest samengedrongen is.
- Pl. II. fig. 4 stelt ons de reeds door Huygens geteekende nevelvlak in Orion voor (AR = 5^h 23^m 8^s, δ = — 25° 28'), zooals Lord Rosse haar in zijn grooten spiegeltelescoop in Par-

Doorlopend nummer.	Herschel.	Messier.	Rechte opklaring voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	Declinatie voor 1875.	Jaarlijkse verandering.	OPMERKINGEN.
167 4550	.	20 42 44	+ 2.64	+ 20 44.7	+ 0.17		Groep van vele sterren der 10de—13de grootte; de helderste is een dubbelster.
168 4565	.	20 11 22	+ 2.42	+ 30 11.2	+ 0.18		Groote, planetarische nevelring, een weinig elliptisch, scherp begrens.
169 4572	.	20 16 49	+ 2.68	+ 19 43.5	+ 0.19		Fijne, planetarische nevelvlak, middellijn 20—30". In hare nabijheid staan 4 kleine sterren.
170 2078	29	20 19 25	+ 2.21	+ 38 6.8	+ 0.19		Langwerpige sterrenhoop.
171 4600	.	20 40 30	+ 2.48	+ 30 16.0	+ 0.22		γ Cygni. Lange, spiraalvormige streep, melkachtig, 30" lang.
172 4608	72	20 46 34	+ 3.30	— 13 0.3	+ 0.22		Ronde sterrenhoop, in het midden vrij helder; middellijn 2".
173 4616	.	20 51 12	+ 2.48	+ 31 13.2	+ 0.23		Nevelvlak van meer dan een graad lengte, wier ene helft op de wijze van een vork gespleten is.
174 4617	73	20 52 6	+ 3.30	— 13 7.2	+ 0.23		Zeer samengedrongen sterrenhoop, niet nevelachtig.
175 4640	.	21 3 14	+ 1.95	+ 50 20.4	+ 0.24		Merkwaardig verstrooide groep, met verscheidene drievondige sterren.
176 4670	15	21 23 53	+ 2.89	+ 11 36.6	+ 0.26		In 1745 door Maraldi ontdekt, onregelmatige, ronde, naar het midden toe helderder wordende sterrenhoop.
177 4676	.	21 26 13	+ 2.04	+ 51 2.0	+ 0.26		Niet sterk samengedrongen groep van 8" middellijn; in het midden staat een ster van de 11de grootte.
178 4678	2	21 26 59	+ 3.09	— 1 22.8	+ 0.26		In het midden zeer helder, als vlammeend, de groep gelijkt na een hoop goudsand. Het helderste deel heeft 1½ middellijn en evenaart een ster van de 6de grootte.
179 4681	39	21 27 45	+ 2.16	+ 47 53.0	+ 0.26		Groote sterrenhoop, bestaande uit sterren van de 7de—12de grootte.
180 4687	30	21 33 17	+ 3.42	— 23 44.0	+ 0.27		Kogelvormige, groote, heldere sterrenhoop, in het midden samengedrongen.
181 4701	.	21 39 53	+ 2.05	+ 53 7.3	+ 0.27		Een ovale ring van kleine sterren; middellijn 4". In het midden van den ring een ster van de 9de grootte, hebbende een robijn-roode kleur.
182 4702	.	21 40 6	+ 1.39	+ 65 31.8	+ 0.27		Drievondige ster, in het midden van een zwakke, slecht begrensde nevelvlak.
183 4815	.	22 31 22	+ 2.74	+ 33 44.6	+ 0.31		Zeer heldere elliptische nevelvlak, snel naar het midden toe helder wordende, 90" lang, 30" breed. Aan deze grens een andere nevelvlak van 16" middellijn.
184 4892	.	22 58 41	+ 3.00	+ 11 38.9	+ 0.32		Lange asvormige nevelvlak, 2" lang, 30" breed. Aan beide einden bevindt zich een ster van de 12de grootte, binnen in de nevelvlak nog drie zeer fijne sterretjes.
185 4902	.	23 6 5	+ 2.54	+ 59 53.5	+ 0.33		Rijke, zeer samengedrongen sterrenhoop met vrij heldere sterren.
186 4957	52	23 18 43	+ 2.64	+ 60 54.6	+ 0.33		Groote, rijke, ronde sterrenhoop, in het midden samengedrongen.
187 4964	.	23 19 53	+ 2.86	+ 41 51.0	+ 0.33		Heldere, ronde, planetarische nevelvlak van een blauwachtige kleur.

sonstown gezien heeft. In de nabijheid van het middelste en meest lichtgevend gedeelte ontwaart men vier zeer dicht bij elkander staande sterren van de 4de (θ^1 Orionis), 6de, 7de en 8de grootte, het zoogenaamde trapezium vormende. Met een veel vermogenen kijker kan men in dat trapezium nog een 5de en een nog zwakkere 6de ster onderscheiden. De nevelvlak strekt zich van het midden naar beide zijden zeer onregelmatig uit, de linker zijde is veel breeder dan de rechter, doch met het middelste gedeelte te zamen verbonden, terwijl aan de bovenzijde (het zuiden), alleen door zeer fijne bruggen met de hoofd-nevelvlak verbonden, twee nevelstrepen zichtbaar zijn en zich aan de andere zijde vrij samengedrongen nevelmassa's vertoonen, die door een nevelboog omgeven zijn.

- Pl. II. fig. 5 geeft de afbeelding van een nevelvlak van eigenaardigen vorm in de Slang (AR = 10^h 18^m 45^s, δ = — 18° 0'); twee elliptische concentrische ringen van nevelmassa's zijn zichtbaar en het middelpunt wordt ingenomen door een kernachtige massa, welke, meer lichtgevend dan hare omgeving, tevens het middelpunt van al de nevelmassa's schijnt in te nemen.

b) De dubbelsterren.

Reeds met het ongewapend oog ziet men onder het groote aantal sterren eenige, welke zeer dicht bij elkander staan, bij voorbeeld in den Grooten Beer: Mizar, een ster van de tweede grootte en Alkor, een ster van de 5de grootte, wier afstand 11' bedraagt, α^1 en α^2 Capricorni, afstand 6½', ϵ en δ Lyrae afstand 3½'; zulke sterren noemt men dubbelsterren. Wanneer men de vaste sterren met een kijker beschouwt, ontdekt men een zeer groot aantal dubbelsterren, en William Herschel is de eerste geweest, die de stelselmatige waarneming van dubbelsterren op groote schaal ondernomen heeft, een arbeid waarmede hij vele jaren bezig is geweest.

Toen bewezen werd dat bij enkele dubbele sterren de beide sterren zich om een gemeenschappelijk zwaartepunt bewegen, verkregen die hemellichamen het hun toekomend recht, door gerekend te worden tot de meest gewichtige voorwerpen des hemels te behooren.

Gelijktijdig met de ontdekking van het groote aantal dubbelsterren, had men ook met behulp van de waarschijnlijkheidsrekening gevonden, dat er tusschen een groot deel van die dubbelsterren een zekere samenhang bestaan moest, daar het getal van die dubbelsterren, welke, onder eene groote menigte sterren, die geheel zonder orde verspreid zijn, naar de berekening toevalligerwijze bij elkander kunnen staan, veel kleiner moest zijn. De dubbelsterren, waarbij de sterren nu zoo dicht bij elkander staan, zonder dat eenige nadere betrekking tusschen haar bestaat, noemt men optische, terwijl die dubbelsterren, welke tengevolge harer nabijheid op elkander invloed uitoefenen, zoodat zij om elkander loopbanen beschrijven, physische genoemd worden.

De eerste lijst van 80 dubbelsterren is ons gegeven door den sterrenkundige Mayer te Mannheim, in het „Berliner Jahrbuch“ voor 1784; vollediger catalogi verkregen wij echter eerst van W. en J. Herschel en W. Struve. Mayer geeft in zijne lijst sterren op afstanden van 2' tot 72' en vermeldt de met het ongewapend oog zichtbare dubbelsterren niet, terwijl Herschel bepaalde grenzen aannam en de door hem waargenomen dubbelsterren in zes klassen verdeelde. Tot de eerste klasse rekende hij dat al die sterren behooren, wier afstand minder dan 4' bedraagt; tot de tweede die, wier afstand lag tusschen 4' en 8'; tot de derde, die tusschen 8' en 16'; tot de vierde, die tusschen 16' en 32'; tot de vijfde, die tusschen 32' en 60' en tot de zesde al die, wier afstand meer dan 60' bedraagt. Struve bepaalde zich, wegens het groote aantal dubbelsterren, tot die, wier afstand niet grooter dan 32' is, en vormde acht klassen.

Tot zijne eerste klasse behooren dubbelsterren, waarbij de afstand der sterren ligt tusschen 0' en 1'; tot de tweede tusschen 1' en 2', tot de derde tusschen 2' en 4', tot de vierde tusschen 4' en 8', tot de vijfde tusschen 8' en 12', tot de zesde tusschen 12' en 16', tot de zevende tusschen 16' en 24', tot de achtste alle overige tot 32' afstand; deze indeeling van Struve is nu vrij algemeen aangenomen en in gebruik.

Van 2634 waargenomen dubbelsterren behooren er naar Struve 91 tot de eerste klasse, 314 tot de tweede, 535 tot de derde, 582 tot de vierde, 452 tot de vijfde, 231 tot de zesde, 429 tot de beide laatste klassen.

Onder de 20 sterren van de 1^{ste} grootte zijn, omdat wij ook α Crucis en γ Argus daarbij tellen, minstens vijf dubbelsterren; onder de 65 sterren van de 2^{de} grootte minstens zeven.

In een afzonderlijk werk: „Mensurae micrometricae stellarum duplicium et multiplicium,” heeft Struve de standen der dubbelsterren ten opzichte van elkander voor 2634 sterrenparen opgegeven. Men noemt den hoek, gevormd door de richting, waarin de beide sterren liggen, met de richting, die door den declinatie-cirkel gegeven wordt, den positiehoek en telt hem van 0 tot 360°, van het Noorden door het Oosten, Zuiden en Westen; en vermeldt dan behalve dien positiehoek ook den afstand tusschen de beide sterren.

Behalve dubbelsterren bestaan er ook veelvoudige sterren en onder de reeds genoemde 2634 sterrenparen vindt men door Struve genoemd 64 drievoudige, 3 viervoudige en éne zesvoudige ster. Telt men ook die dubbelsterren mede, wier afstanden tot 75' bedragen kunnen, dan vindt men 113 drievoudige, 9 viervoudige en 2 vijf- of meervoudige sterren.

Een ongecoördineerd waarnemer ontdekt reeds na eene korte beschouwing van den hemel, dat de sterren niet alle dezelfde kleur hebben; hij ziet wel de meeste met een wit licht fonkelen, maar eenige, b. v. Aldebaran in den Stier, Betelgeuze in Orion, Antares in den Schorpioen schijnen hem roodachtig te zijn, andere, b. v. Arcturus in Boötes, geelachtig, nog andere blauwachtig en bij de veranderlijke sterren is reeds de aandacht gevallen op de roode kleur van velen onder haar. Zeer eigenaardig treden die kleuren bij de dubbelsterren te voorschijn, omdat bij die, waarbij de afzonderlijke sterren niet dezelfde kleur hebben, die kleuren onmiddellijk bij elkander vergeleken kunnen worden.

Struve vond onder 596 dubbelsterren 375 van gelijke kleur, 101 paren van nagenoeg gelijke kleur en 120 paren van geheel verschillende kleur. Onder de eerste zijn 78 paren schitterend wit, 217 wit, 27 geelachtig wit, 35 geelachtig, 11 geel, 2 goudkleurig en 5 groen; onder die, welke nagenoeg dezelfde kleur hebben, 30 paren geelachtig wit en wit, 53 paren wit en blauwachtig, 13 paren schillend geel en 5 paren blauw in verschillende tinten; eindelijk noemt hij, onder de in kleur verschillende, 52 paren geel en blauwachtig, 16 paren groen en blauw.

Het schatten van kleuren hangt echter zeer van het oog af, en zeer licht kan het gebeuren, dat bij complementaire kleuren de eene kleur zuiver subjectief en geen werkelijke kleur is. Ofschoon wij de kleuren naar Struve hebben opgegeven, moeten wij toch vermelden, dat Herschel aan dezelfde dubbelsterren voor het grootste gedeelte andere kleuren toekent. Tot nu toe weten wij nog volstrekt niet of de kleuren zich met den tijd veranderen, zelfs niet eens bij de heldere, voor het ongewapend oog gekleurd schijnende dubbelsterren, omdat de opgaven der oude waarnemers daaromtrent te zeer met elkander in strijd zijn.

Het herhaald meten van den positiehoek en den afstand heeft bij vele dubbelsterren groote veranderingen in die grootheden doen vinden, zelfs heeft men bij enkele eene verandering van positiehoek van meer dan 360° opgemerkt, dus meer dan een geheel omloop van de eene ster om de andere waargenomen. De theoretische sterrenkunde leert op welke wijze, aannemende dezelfde wetten, welke voor ons zonnestelsel gelden, uit de gemeten positiehoeken en afstanden, in het geheel uit zeven gegevens, de loopbanen (wier bepaalde gedeelten elementen heeten) afgeleid kunnen worden. De ware loopbanen der dubbelsterren zijn ellipsen, wier

eene brandpunt de ster, die de meeste en eene overwegende massa heeft aangenomen, mag worden. Deze ware loopbanen zien wij, omdat zij bijna alle ten opzichte van de gezichtslijn hellen, in projectie en dus weder als ellipsen, maar in wier brandpunt het als hoofdstel aangenomen lichaam niet meer gelegen is. Uit de gemeten positiehoeken en afstanden worden meestal eerst de geprojecteerde ellipsen en daaruit de ware ellipsen afgeleid.

Aan de lijst van dubbelsterren, welke hier gegeven wordt en waarin alleen die dubbelsterren opgenomen zijn, waarbij de helderste ster minstens van de 4^{de} grootte is, voegen wij als aanhangsel toe die dubbelsterren, wier loopbanen berekend zijn.

In de lijst van dubbelsterren bevat de eerste kolom de nummers naar den catalogus van Struve of dien van Herschel (bij Struve de nummers uit de „Mensuris micrometricis“ bij Herschel de nummers uit de „Cape observations“); de tweede en de vierde kolom bevatten de rechte opklimming en afwijking voor het jaar 1875, de derde en de vijfde kolom de jaarlijkse verandering van deze grootheden door de praecessie; de zesde kolom de grootte der sterren; de zevende en de achtste kolom de, voor den in de negende kolom aangegeven tijd (Epoche), geldende positiehoeken en afstanden, de tiende kolom opmerkingen over kleur enz.

Bij de onder aan deze lijst gegeven loopbanen is T de tijd, waarop de sterren zoo dicht mogelijk bij elkander gekomen zijn (in ons zonnestelsel noemt men dien kortsten afstand perihelium), U de duur van den omloopstijd, a de gemiddelde afstand van beide sterren (halve groote as), e de excentriciteit, beiden voor de ware ellips, i de helling van de geprojecteerde ellips ten opzichte van de ware in graden uitgedrukt, g de lengte van een der snijpunten der beide ellipsen (klimmende knoop) en eindelijk ω de afstand tusschen dezen knoop en het punt van den kortsten afstand. Ten slotte is nog de richting van de beweging, rechtgraad (direct) zoo als de beweging van onze planeten, of teruggaand opgegeven. (Zie over Elementen de afdeeling: „Theoretische sterrenkunde“).

Lijst der heldere dubbelsterren naar W. Struve en J. Herschel.

NAMEN.	NUMMERS NAAR STRUVE OF HERSCHEL.	AR 1875.	JAARLIJZHE VERANDERING.	δ 1875.	JAARLIJZHE VERANDERING.	GROOTTE.	POSITIEHOEK.	AFSTAND.	EPOCH.	OPMERKINGEN.	
		α	m	s			α	β			
β Toucanae	H. 2	0 25 48	+	2.78	- 63 38.8	+ 0.33 5	5	172.2	27.72	1835.8	
η Cassiopeiae	S. 60	0 41 33	+	3.58	+ 57 9.1	+ 0.32 4.0	7.6	88.6	9.75	1832.6	Geelacht. en purperkleurig
β Phoenicis	H. 3417	1 0 31	+	2.70	- 47 23.3	+ 0.32 3	11	17.6	30	1835	
α Ursae minoris	S. 93	1 12 59	+	20.24	+ 88 38.6	+ 0.32 2.0	9.0	210.1	18.27	1834.1	Geelachtig en wit.
γ Arietis	S. 180	1 46 40	+	3.28	+ 18 40.8	+ 0.30 4.2	4.4	0.0	8.63	1830.8	Wit.
χ Eridani	H. 3473	1 51 3	+	2.27	- 52 14.0	+ 0.30 4	14	192.3	12	1835	
α Piscium	S. 202	1 55 35	+	3.09	+ 2 9.6	+ 0.29 2.8	3.9	335.7	3.64	1831.2	Groenachtig en blauw.
γ Andromedae	S. 205	1 56 14	+	3.65	+ 41 43.7	+ 0.29 3.0	5.0	62.4	10.33	1830.0	Geel en blauw, drievoudig.
α Cassiopeiae	S. 262	2 18 47	+	4.84	+ 66 50.3	+ 0.27 4.2	7.1	276.7	1.86	1829.7	Geel en blauw, drievoudig.
θ Persei	S. 296	2 35 40	+	4.06	+ 48 41.9	+ 0.26 4.2	10.0	294.6	15.40	1832.2	Geel.
γ Ceti	S. 299	2 36 49	+	3.10	+ 2 42.5	+ 0.26 3.0	6.8	287.4	2.59	1832.5	Geelachtig.
η Persei	S. 307	2 41 35	+	4.33	+ 55 22.5	+ 0.25 4.0	8.5	300.4	28.04	1831.2	Helder geel en held. blauw.
θ Eridani	H. 33	2 53 31	+	2.28	- 40 48.4	+ 0.24 5	6	81.5	8.68	1835.8	
λ „	H. 35	3 6 45	+	2.52	- 29 29.1	+ 0.23 3	8	310.0	5.30	1836.3	
ϵ Persei	S. 464	3 46 17	+	3.76	+ 31 30.6	+ 0.18 2.7	9.3	207.6	12.48	1830.5	Groenachtig en geelachtig.
γ „	S. 471	3 49 28	+	4.00	+ 39 38.8	+ 0.18 3.1	8.3	9.2	8.81	1832.6	Groen en blauwachtig.
γ Eridani	H. 3608	3 52 12	+	2.80	- 13 51.9	+ 0.18 3	13	233.6	45	1835	
α Retiuli	H. 3638	4 12 49	+	0.75	- 62 47.3	+ 0.15 4	12	353.6	40	1835	
α Doradus	H. 58	4 31 18	+	1.28	- 55 18.3	+ 0.13 3	11	108.5	82.29	1836.0	
β Orionis	S. 668	5 8 32	+	2.88	- 8 20.9	+ 0.07 1.0	8.0	199.8	9.14	1831.5	Geelachtig.
β Leporis	H. 3761	5 22 53	+	2.57	- 20 51.6	+ 0.06 4	13	145.9	70	1855	
α „	H. 3766	5 27 13	+	2.65	- 17 54.8	+ 0.05 3	12	154.8	25	1835	
λ Orionis	S. 738	5 28 15	+	3.30	+ 9 50.9	+ 0.05 4.0	6.0	40.3	4.24	1830.8	Geelachtig en rood, driev.
θ „	S. 748	5 29 8	+	2.93	- 5 28.4	+ 0.05 4.7	6.3	240.3	13.34	1832.5	Het trapezium in de nevel- vlak van Orion. Geelachtig en wit, zesvoud. ster.
						4.7 7.0	275.4	21.41	1832.5		
						4.7 8.0	299.4	19.23	1832.5		
ϵ „	S. 752	5 29 19	+	2.93	- 5 59.6	+ 0.04 3.2	7.3	142.2	11.32	1831.9	Geelachtig en blauwachtig.
α „	S. 762	5 32 28	+	3.01	- 2 40.4	+ 0.04 4.1	10.3	236.5	11.01	1831.4	Eene viervoudige ster. De helderste wit, de daarop- volgende geelachtig.
						4.1 7.5	84.5	12.86	1831.2		
						7.0 7.5	230.8	30.03	1831.2		
ζ „	S. 774	5 34 27	+	3.02	- 2 0.6	+ 0.04 2.0	5.7	51.3	2.35	1831.2	Geelachtig en roodachtig.
γ Columbae	H. 3819	5 53 6	+	2.12	- 35 17.9	+ 0.01 4	14	104.4	30	1835	
α Canis majoris	639 39	+ 2.65	- 16 32.8	- 0.08 1	9	73.6	11.2	2	1869.1	Als dubbelster door Clarke ontdekt.	
λ Geminorum	S. 1061	7 10 54	+	3.45	+ 16 45.8	- 0.10 3.2	10.3	30.9	9.56	1829.9	Blauwachtig en groen.
δ „	S. 1066	7 12 39	+	3.59	+ 22 12.6	- 0.10 3.2	8.2	196.9	7.14	1839.7	Geelachtig en roodachtig.

NAMEN.	STERRE NAAR STEEVE EN VERHOUD.	AR 1875.	JAARLIJKE VERANDERING.	δ 1875.	JAARLIJKE VERANDERING.	GOEDT.	POSTKOEKEN.	AFSTAND.	EPOCHE.	OPMERKINGEN.
α Argus	H. 113	7 12 44	+ 2.12	-36 52.4	-0.10 3	8	211.8	70	1835	Geel en blauw.
α " "	H. 113	7 25 16	+ 1.91	-43 3.0	-0.12 5	10	75.0	22.52	1836.0	Geel en blauw.
α Geminorum	S. 1110	7 26 37	+ 3.84	+ 32 9.6	-0.12 2.7	3.7	255.5	4.73	1835.3	Groenachtig.
γ Argus	H. 134	8 5 41	+ 1.85	-46 58.1	-0.17 2	6	220.2	41.16	1835.1	
48 α Cancri	S. 1268	8 39 8	+ 3.65	+ 29 12.9	-0.22 4.4	6.5	307.1	30.46	1828.0	Geel en blauwachtig.
δ Hydrae	S. 1273	8 40 9	+ 3.18	+ 6 52.6	-0.22 3.8	7.8	195.6	3.21	1830.6	Geel en blauw.
δ Argus	H. 4136	8 41 13	+ 1.65	-54 14.9	-0.22 2	10	64.0	80	1835	
38 Lynceis	S. 1334	9 11 4	+ 3.75	+ 37 19.8	-0.25 4.0	6.7	240.2	2.70	1829.2	Groenachtig en blauw.
23 β Ursae majoris	S. 1351	9 21 39	+ 4.81	+ 63 36.4	-0.26 3.8	9.0	272.4	22.81	1830.6	Groenachtig en geelachtig.
γ Argus	H. 167	9 43 59	+ 1.50	-64 29.6	-0.28 3	8	126.1	4.90	1836.9	
γ Leonis	S. 1424	10 13 4	+ 3.30	+ 20 28.5	-0.30 2.0	3.5	103.4	2.50	1831.5	Goudgeel en roodgroen.
γ Argus	H. 4366	10 40 13	+ 2.31	-59 1.6	-0.31 2	16	46.8	12	1835	Hoofdstel veranderlijk.
γ Ursae majoris	S. 1533	11 11 31	+ 3.21	+ 32 13.9	-0.34 4.0	4.9	184.1	1.87	1834.4	
γ " "	S. 1524	11 11 43	+ 3.26	+ 33 46.6	-0.33 3.7	10.1	146.6	7.10	1830.7	Sterk geel.
γ Leonis	S. 1536	11 17 24	+ 3.13	+ 11 13.0	-0.33 3.9	7.1	92.4	2.19	1832.0	Geelachtig en blauw.
γ Hydrae	H. 4449	11 26 52	+ 2.95	-31 9.9	-0.33 4	11	170.0	60	1835	
γ " "	H. 211	11 46 36	+ 3.02	-33 12.7	-0.33 5	5	339.6	2.03	1835.8	
γ Crucis	H. 219	12 19 39	+ 3.27	-63 24.3	-0.33 2	2	120.6	5.65	1835.8	
γ Corvi	H. 220	12 23 25	+ 3.11	-15 49.1	-0.33 3	10	213.0	23.44	1837.5	
γ Crucis	H. 224	12 24 15	+ 3.28	-56 24.6	-0.33 2	5	38.0	120	1835	
γ Centauri	H. 221	12 34 38	+ 3.30	-48 16.4	-0.33 4	4	354.3	0.75	1835.9	
γ Virginis	S. 1670	12 35 20	+ 3.04	-0 45.8	-0.33 3.0	3.0	231.7	0.91	1834.4	Geelachtig.
12 Canum ven.	S. 1692	12 50 11	+ 2.82	+ 38 59.6	-0.33 3.2	5.7	227.3	19.92	1830.5	Wit.
γ Virginis	S. 1724	13 3 29	+ 3.10	-4 52.3	-0.32 4.0	9.0	344.0	7.07	1830.3	Wit.
γ Ursae majoris	S. 1744	13 18 53	+ 2.43	+ 55 34.7	-0.32 2.1	4.2	147.6	14.37	1830.6	Groenachtig.
γ Centauri	H. 4628	13 47 45	+ 3.71	-46 40.3	-0.30 3	11				
α " "	H. 255	14 31 8	+ 4.03	-60 18.9	-0.25 1	2	219.6	16.52	1836.3	Beiden geel.
α Circini	H. 257	14 32 27	+ 4.80	-64 25.6	-0.26 3	8	243.8	15.63	1837.1	Wit en geel.
α Bootis	S. 1864	14 34 51	+ 2.82	+ 16 57.3	-0.26 4.9	6.0	99.2	3.83	1830.3	Zeer wit.
α " "	S. 1865	14 35 11	+ 2.86	+ 14 15.9	-0.26 3.5	3.9	309.2	1.19	1830.5	Wit.
α " "	S. 1877	14 39 32	+ 2.62	+ 27 36.1	-0.26 3.0	6.3	321.0	2.64	1829.4	Geel en blauw.
α " "	S. 1888	14 45 37	+ 2.76	+ 19 37.2	-0.25 4.7	6.6	329.0	7.07	1835.4	Geel en rood.
α Lupi	H. 272	15 3 19	+ 4.28	-51 37.3	-0.24 4	6	347.6	80	1835	
α " "	H. 273	15 14 12	+ 4.05	-44 14.3	-0.22 4	9	174.9	26.35	1837.3	
α " "	H. 285	15 26 49	+ 3.98	-40 44.7	-0.21 4	4	94.1	0.84	1835.5	
α " "	S. 1954	15 28 50	+ 2.87	+ 10 57.5	-0.21 3.0	4.0	197.3	2.66	1833.1	Geelachtig wit en aschegeel.
α Coronae	S. 1965	15 34 40	+ 2.26	+ 37 2.5	-0.20 4.1	5.0	300.9	6.00	1829.7	Groenachtig wit en groen.
α " "	S. 1967	15 37 30	+ 2.52	+ 26 41.6	-0.19 4.0	7.0	165.8	0.4	1833.3	Groenachtig wit en rood.
α " "	S. 1970	15 40 25	+ 2.77	+ 15 48.9	-0.19 3.0	9.2	265.0	30.64	1832.1	Blauwachtig.
α Lupi	H. 295	15 55 1	+ 3.97	-38 15.1	-0.17 4	8	22.2	15.07	1834.6	
α " "	H. 298	15 58 10	+ 3.48	-19 27.7	-0.17 3	5	25.6	13.65	1836.7	
α " "	H. 298	16 13 36	+ 3.64	-25 17.4	-0.15 4	9	274.3	15	1835	
α " "	H. 298	16 21 45	+ 3.67	-26 9.1	-0.14 1	(?)				Ontdekt als dubbel bij eene sterrenbedekking.
α Ophiuchi	S. 2055	16 24 37	+ 3.03	+ 2 15.6	-0.14 4.0	6.1	350.6	0.99	1834.4	Geel en blauwachtig.
α " "	S. 2084	16 36 35	+ 2.26	+ 31 49.8	-0.11 3.0	6.5	203.5	0.91	1834.4	Geelachtig, roodachtig.
α " "	S. 2140	17 8 57	+ 2.73	+ 14 32.1	-0.07 3.0	6.1	118.5	4.65	1829.6	Heider geel, zeer blauw.
α " "	S. 3127	17 9 54	+ 2.46	+ 24 59.3	-0.07 3.0	8.1	174.3	24.88	1835.6	Groen, geelachtig.
α " "	H. 4942	17 14 53	+ 5.03	-56 15.4	-0.07 3	12	327.2	12	1835	
α " "	S. 2161	17 19 22	+ 2.07	+ 37 15.7	-0.07 4.0	5.1	307.2	3.60	1830.3	Groenachtig en groen.
α " "	H. 4955	17 22 11	+ 4.63	-49 46.4	-0.06 4	13	178.5	60	1835	
α " "	S. 2220	17 41 34	+ 2.34	+ 27 47.7	-0.04 3.8	9.5	241.5	29.88	1831.6	Geel.
α " "	S. 2241	17 44 9	+ 1.09	+ 72 12.2	-0.02 4.0	5.2	15.1	30.89	1832.3	Wit.
α " "	S. 2264	17 56 12	+ 2.54	+ 21 35.7	-0.01 4.9	4.9	261.7	6.06	1829.9	Geelachtig groen en geelachtig.
α " "	S. 2272	17 59 18	+ 3.01	+ 2 32.2	-0.01 4.1	6.1	130.8	6.11	1835.6	Geel en rood.
α " "	H. 5095	18 6 17	+ 3.59	-21 5.4	-0.01 4	13	267.0	18	1835	
α " "	S. 359	18 40 12	+ 1.99	+ 39 32.4	+ 0.06 4.6	6.3	26.1	3.03	1831.4	Groenachtig wit en blauw.
α " "	S. 2417	18 50 0	+ 2.98	+ 4 2.6	-0.07 4.0	4.2	103.8	21.65	1830.0	Groenachtig wit.
α " "	S. 2487	19 9 30	+ 2.04	+ 38 56.3	+ 0.10 4.0	8.1	85.0	27.90	1830.9	Blauw en geelachtig.
α " "	H. 359	19 13 39	+ 4.33	-44 41.6	+ 0.10 4	8	78.6	29.09	1835.2	Blauw en geel.
α " "	S. 2579	19 41 4	+ 1.87	+ 44 49.6	+ 0.14 3.0	7.9	37.9	1.78	1830.2	Groenachtig en geelachtig.
α " "	S. 2675	20 13 4	+ 1.90	+ 77 20.0	+ 0.18 4.0	8.0	124.1	7.37	1832.4	Groenachtig en blauw.
α " "	H. 5209	20 28 46	+ 4.24	-47 43.6	+ 0.20 3	16	193.2	45	1835	
α " "	S. 2704	20 31 41	+ 2.81	+ 14 9.7	+ 0.20 3.0	11.0	343.8	32.48	1829.4	Groen.
α " "	S. 2726	20 40 30	+ 2.47	+ 30 15.8	+ 0.21 4.0	9.2	57.2	6.62	1830.8	Sterk geel.
α " "	S. 2727	20 40 51	+ 2.78	+ 15 40.5	+ 0.21 4.0	5.0	273.8	11.90	1830.9	Goudgeel en blauwgroen.
α " "	S. 2806	21 27 2	+ 0.80	+ 70 0.7	+ 0.26 3.0	8.0	250.0	13.57	1832.3	Groenachtig en blauw.
α " "	S. 2822	21 38 32	+ 2.66	+ 28 10.8	+ 0.27 4.0	5.0	114.5	5.56	1831.6	Wit en blauwachtig.
α " "	S. 2824	21 38 59	+ 2.71	+ 25 4.4	+ 0.27 3.9	10.8	308.5	11.01	1831.6	Geelachtig.
α " "	S. 2909	22 22 24	+ 3.08	-0 39.5	+ 0.30 4.0	4.1	355.3	3.46	1832.8	Groenachtig.
α " "	H. 393	22 24 24	+ 3.42	-32 59.2	+ 0.31 4	8	173.3	29.09	1836.2	

Berekende loopbanen van eenige dubbelsterren.

	42 Comae	ζ Herculis	Σ 3121	γ Comae	ζ Cancri	Σ Ursae majoris.
T	1839.60	1830.48	1846.77	1850.34	1816.69	1816.86
U	25.5 jaren	36.36 jaren	40.62 jaren	43.68 jaren	58.27 jaren	61.58 jaren
a	0° 50'	1° 25'	0° 71'	0° 96'	0° 89'	2° 44'
e	0.075	0.448	0.380	0.286	0.444	0.431
i	90° 0	43° 7	75° 3	60° 7	24° 0	52° 9
Σ	10° 5	214° 3	23° 5	22° 3	33° 6	275° 8
ω	0°	284° 9	141° 6	215° 5	133° 0	309° 0
Beweging	Rechtlopend	Teruggaand	Rechtlopend	Rechtlopend	Teruggaand	Teruggaand
α Centauri	α Ophiuchi	λ Ophiuchi	γ Ophiuchi	Σ Librae	Σ 3062	
T	1871.35	1840.07	1790.30	1808.27	1832.61	1835.20
U	77.81 jaren	87.04 jaren	89.01 jaren	95.97 jaren	105.52 jaren	112.64 jaren
a	20° 57'	0° 82'	0° 84'	4° 96'	1° 29'	1° 31'
e	0.703	0.087	0.453	0.494	0.501	0.501
i	81° 0	51° 8	49° 4	57° 3	70° 2	30° 0
Σ	22° 3	51° 1	32° 7	123° 1	4° 7	32° 2
ω	58° 4	145° 7	126° 1	160° 5	?	97° 5
Beweging	Rechtlopend	Rechtlopend	Rechtlopend	Teruggaand	Rechtlopend	Rechtlopend
Σ 1938	γ Virginis	ω Leonis	δ Cygni	α Coronae	α Geminorum	
T	1851.57	1836.43	1841.40	1904.10	1825.32	1750.33
U	146.65 jaren	182.12 jaren	277.77 jaren	415.11 jaren	420.24 jaren	996.85 jaren
a	1° 32'	3° 58'	1° 31'	2° 31'	2° 98'	7° 54'
e	0.854	0.880	0.722	0.286	0.590	0.344
i	49° 5	23° 6	86° 2	37° 8	42° 1	42° 1
Σ	94° 7	169° 2	91° 1	203° 0	65° 0	294° 0
ω	87° 1	313° 8	84° 2	203° 0	65° 0	294° 0
Beweging	Teruggaand	Teruggaand	Rechtlopend	Teruggaand	Rechtlopend	Teruggaand

i) De eigenbeweging van vaste sterren.

De naam van vaste sterren is, als men aan deze hemellichamen eene bijzondere hun eigene beweging toekent, onjuist, echter zijn die eigenbewegingen eerst in nieuweren tijd voor een klein gedeelte er van bewezen en bepaald, zoodat zij nauwelijks van een twintigtal der tot nu toe waargenomen sterren, en van de telescopische sterren slechts van eenige weinige, de eigenbeweging bij benadering kennen.

De plaatsverandering is bij eenige sterren vrij aanzienlijk. De heldere ster Arkturus in Boötes heeft sedert den tijd, waarin Hipparchus leefde, hare plaats ten opzichte van de nabijgelegene sterren $2\frac{1}{2}$ vollenaamsbreedte veranderd; onder de heldere sterren is er slechts eene, α Centauri (die voor ons niet opkomt), die eene nog een weinig grootere eigenbeweging heeft; bij de zwakkere sterren is zij bij enkele nog grooter en klinkt haar bedrag tot het viervoudige, zoodat eene ster in het Schip (2151 Puppis) volgens Maclaur zich jaarlijks 7".87, en eene ster in de Indiaan (α Indi) volgens d'Arrest zich 7".74 verplaatsen zoude. Onder de 3222 heldere sterren, welke de Engelsche sterrenkundige Bradley in de vorige eeuw waargenomen heeft, zijn er zonder twijfel 900, die eene grootere eigenbeweging hebben dan 10" in 100 jaren, 227 van meer dan 25" en 50 van meer dan 1".

Deze in werkelijkheid kleine eigenbewegingen kunnen met het ongewapend oog natuurlijk niet worden waargenomen, men behoeft daartoe kijkers voorzien van meetinstrumenten. Daarom dacht er ook voor de uitvinding der verrekijkers niemand aan, om de eigenbeweging van sterren te berekenen, en eerst Halley vermoedde in het jaar 1717 eene eigenbeweging bij Aldebaran, Sirius en Arkturus, terwijl hij die ook uit oude waarnemingen wilde berekenen.

De sterrenkundige Tobias Mayer bepaalde daarna de eigenbeweging van eene groote menigte sterren met vrij groote zekerheid; in het bijzonder komt echter aan de sterrenkundigen van den nieuweren tijd de verdienste toe, de eigenbeweging van een groot aantal sterren bepaald te hebben.

Die sterren welke, naar de berekeningen van Madler en Argelander, eene jaarlijksche eigenbeweging hebben grooter dan van 1", zullen wij hier vermelden. De reeds genoemde 2151 Puppis en α Indi zijn weggelaten, omdat het bedrag harer eigenbewegingen zeer onzeker is.

NAMEN.	GROOTTE.	AR. 1875.	δ 1875.	JAARLIJSCH VERANDERING.	NAMEN.	GROOTTE.	AR. 1875.	δ 1875.	JAARLIJSCH VERANDERING.
1830 Groombridge	6,7	11 45 39	+ 33 38,9	7,05	Fedorenko 1384	8,8	8 43 41	+ 71 16,7	1,40
61 Cygni	5,6	21 1 18	+ 38 8,1	5,23	Lalande 46650	8,7	23 42 39	+ 144,5	1,38
Lalande 21185	7,3	10 56 31	+ 36 50,0	4,72	6888	8,2	3 38 29	+ 41 5,1	1,37
21255	8,7	10 59 24	+ 44 9,8	4,70	α Canis minoris	1,0	7 32 45	+ 53 2,6	1,33
α^2 Eridani	4,6	4 33 35	+ 749,8	4,09	Lacaille 8381	5,3	20 7 28	+ 27 31,2	1,33
α Cassiopeiæ	5,7	0 59 48	+ 5411,6	3,83	γ Scorpii	3,4	14 56 46	+ 24 47,3	1,32
α Centauri	1,0	14 31 8	+ 60 18,9	3,67	Lalande 27744	7,0	15 7 37	+ 0 42,6	1,31
34 Groombridge	8,2	0 11 10	+ 43 18,7	2,81	85 Pegasi	6,1	23 55 37	+ 26 25,7	1,30
Lalande 4803	6,3	2 29 11	+ 616,8	2,36	Oeltzen 17415,6	9,0	17 37 11	+ 68 27,6	1,27
25372	8,5	13 39 22	+ 15 34,7	2,32	Lacaille 3386	6,7	8 28 0	+ 31 6,4	1,26
α Boötis	1,0	14 9 58	+ 19 50,1	2,26	α Canis majoris	1,0	6 39 39	+ 16 32,8	1,25
Lalande 7443	8,5	3 54 49	+ 34 58,6	2,24	39 Scorpii	7,0	17 8 33	+ 26 21,4	1,23
Bradley 3077	5,9	23 7 11	+ 56 28,6	2,09	36 Ophiuchi	5,0	17 7 41	+ 26 24,5	1,23
β Hydri	3,0	0 19 9	+ 77 57,5	2,06	γ Cassiopeiæ	4,3	0 41 33	+ 57 9,1	1,23
Lalande 27173	4,9	14 50 9	+ 20 40,5	2,01	B. Z. W. 17b. 322	8,2	17 19 33	+ 2 16,3	1,21
15290	8,3	7 45 33	+ 31 0,0	1,97	δ Trianguli	5,0	2 9 24	+ 33 39,2	1,20
α Draconis	5,0	19 32 33	+ 69 27,6	1,93	20 Crateris	6,0	11 28 26	+ 32 10,5	1,18
τ Ceti	4,0	1 38 19	+ 16 36,1	1,90	β Comæ	5,0	13 6 4	+ 28 30,4	1,17
Lalande 18115	7,7	9 5 55	+ 53 13,5	1,69	Lalande 15976	7,4	7 52 48	+ 29 36,0	1,17
ϵ Pavonis	4,0	19 46 6	+ 73 14,2	1,63	δ Ursæ majoris	3,0	9 24 29	+ 52 14,7	1,13
Lalande 30694	6,9	16 46 42	+ 0 14,6	1,61	70 p Ophiuchi	4,0	17 59 18	+ 2 32,2	1,11
38383	7,3	19 58 40	+ 23 1,6	1,54	Lalande 27298	7,6	14 51 40	+ 54 10,0	1,10
61 Virginis	5,0	13 11 54	+ 17 36,5	1,45	72 Herculis	5,7	17 15 59	+ 32 38,2	1,05
Lacaille 147	5,6	0 30 53	+ 25 27,3	1,44	Lalande 16304	5,7	8 12 27	+ 12 12,2	1,01
Fedorenko 1643	6,7	10 8 45	+ 50 5,4	1,43	31 Aquilæ	5,5	19 18 59	+ 11 40,5	1,00
Lalande 30044	7,8	16 24 20	+ 4 30,5	1,43					

De 20 sterren der 1^{ste} grootte hebben in 100 jaren de volgende eigenbewegingen:

α Eridani 42°	α Argus 5°	η Argus 5°	α Centauri 367°
α Tauri 21	α Canis majoris 125	α Crucis 16	α Scorpii 6
α Aurigæ 44	α Canis minoris 131	α Virginis 6	α Lyrae 35
β Orionis 3	β Argus 19	β Centauri 9	α Aquilæ 66
α Orionis 5	α Leonis 25	α Boötis 226	α Piscis austrini 40

Gemiddeld bedraagt voor de sterren van de eerste grootte de eigenbeweging in 100 jaren 60", voor de sterren van de tweede grootte bijna 13", voor die der derde grootte 17", voor die der vierde grootte 14", voor die der vijfde grootte 11", en voor die der zesde grootte 9". Uit deze getallen volgt, dat, als men aanneemt, dat de sterren gemiddeld gelijke eigenbewegingen hebben, de zwakkere sterren aanzienlijk verder verwijderd zijn dan de heldere, hoewel lang niet in die mate, als uit hare verschillende helderheid moet afgeleid worden.

De volstreekte beweging van enkele dezer sterren kan men met behulp van de in het volgende hoofdstuk voorkomende parallaxen berekenen, en dan vindt men voor de jaarlijksche beweging van

α Lyrae	44 miljoen geogr. mijlen.
α Centauri	92 " " "
70 p Ophiuchi	130 " " "
34 Groombridge	181 " " "
21185 Lalande	181 " " "
1830 Groombridge	523 " " "

Omdat de vaste sterren eene eigene beweging hebben, heeft men de vraag gesteld, of ook niet de zon met haar gevolg van planeten en kometen deel neemt aan de algemeene beweging in het wereldruim. Veronderstellende, dat de zon een vast punt nadert, moeten de sterren, waarnaar de zon zich beweegt, schijnbaar zich van elkander verwijderen, die echter, welke zij verlaat, dichter bij elkander komen. Herschel zoo wel als Argelander en Struve hebben, geheel onafhankelijk van elkander, uit de eigenbeweging der vaste sterren de richting afgeleid, waarin zich ons zonnestelsel beweegt en op weinig na hetzelfde punt aan den hemel gevonden, dat in het sterrenbeeld Hercules dicht bij de ster λ op omtrent 260° AR en + 30° declin. ligt.

Hoe snel ons zonnestelsel zich jaarlijks of in één dag beweegt, is reeds onderzocht, maar de daarvoor gegevene getallen wijken aanzienlijk van elkander af, dewijl de eene sterrenkundige per dag eene verplaatsing van 100000 mijlen opgeeft en een ander acht of tienvallen meer heeft gevonden. Het bepalen van deze grootte moeten wij daarom aan de toekomst overlaten!

De eigenbewegingen, welke wij vermeld hebben, zijn regelmatig en rechtlijnig; alleen ontleedt men bij eenige hoofdsterren behalve deze regelmatige beweging ook eene onregelmatige, welke echter toch ontbonden kan worden in eene regelmatige en eene periodieke en tot het vermoeden aanleiding gaf, dat deze sterren wellicht dubbel konden zijn, in welk geval eene der sterren echter voor ons onzichtbaar is, Bessel bewees het eerst bij Sirius het bestaan van een zoodanigen donkeren begeleider en bepaalde uit de periodieke beweging van Sirius de loopbaan van dien begeleider. Tegenwoordig is Sirius als dubbelster bekend, en al is de begeleider meer verwijderd en schijnbaar veel kleiner, dan naar de berekening van Bessel bij den donkeren begeleider het geval kan zijn, toch schijnt hij denzelfden omloopstijd als de berekende donkere ster te hebben. De door Auwers berekende loopbaan is:

$$\begin{aligned} T &= 1793,88 \\ U &= 49,407 \text{ jaren} \\ a &= 2''.33 \\ e &= 0,615 \\ i &= 47,4^\circ \\ q &= 62,0^\circ \\ w &= 187,9^\circ \end{aligned}$$

Rechtlopend.

k) Over de afstanden der vaste sterren.

De vaste sterren zijn zonnen, en daar onze zon 56000 miljoenmaal meer licht geeft dan eene vaste ster van de 1^{ste} grootte, zoude zij, veronderstellende dat het wereldruim volkomen doorschijnend is en dat de vermindering in intensiteit van het licht evenredig is aan de tweede machten der afstanden, bijna 240000 malen verder van de aarde verwijderd moeten zijn, om voor ons het voorkomen te hebben van eene ster der 1^{ste} grootte. Omdat de afstand, waarop de zon van ons verwijderd is, bijna 20 miljoen mijlen bedraagt, zoude zij, om ons eene ster der 1^{ste} grootte toe te schijnen, op een afstand van 5 biljoenen mijlen van ons verwijderd moeten zijn.

Uit dit voorbeeld blijkt, dat, als wij aannemen, dat de vaste sterren lichamen zijn, wier natuur met die onzer zon overeenkomt, zelfs de helderste sterren reeds biljoenen mijlen verwijderd zijn en de zwakkere, als wij hare geringere lichtkracht aan haar groter afstand toeschrijven, nog veel verder van ons verwijderd moeten zijn.

Als men den afstand van een of ander voorwerp niet onmiddellijk meten kan, zal men toch dien afstand door berekening kunnen bepalen, indien men uit twee plaatsen, wier afstand bekend is, de hoeken meet tusschen die plaatsen en het voorwerp. De afstand tusschen beide plaatsen, de grondlijn of basis genoemd, mag, omdat waarnemingsfouten bij het meten der hoeken onvermijdelijk zijn, met betrekking tot den afstand van het voorwerp, niet te klein zijn en het minst zullen die waarnemingsfouten een nadeeligen invloed uitoefenen, wanneer de uit de meting ontstane driehoek gelijkzijdig is.

Om den afstand der vaste sterren te bepalen, kan men dus, wegens zijne grootte, noch de middellijn, noch de straal der aarde als grondlijn gebruiken, maar moet men een grootere basis zoeken. Men kiest daartoe de aardbaan, terwijl men op verschillende tijden des jaars de richtingen der vaste sterren bepaalt en daaruit den hoek, waaronder de straal van de aardbaan uit de ster gezien zoude worden, dat is de jaarlijksche parallax van de vaste ster, berekent.

Dat zulke metingen alleen met de nauwkeurigste instrumenten volbracht kunnen worden en de bepaling van de parallaxen tot de moeilijkste opgaven der sterrenkunde behoort, zal wel niet vermeld behoeven te worden. Alle pogingen, bij het herleven der sterrenkunde na de middeleeuwen, door Rothmann, Tycho, Hooke, Flamsteed, Picard, Cassini, Römer en anderen aangewend, mislukten geheel en al. Bradley wilde de parallax bepalen en ontdekte bij die pogingen eerst de aberratie van het licht en daarna de mutatie (schommelende beweging van de as der aarde).

In den nieuweren tijd zijn eerst door Bessel, W. Struve, Peters en anderen met zekerheid parallaxen bepaald.

Men heeft deels met den helemeter, deels met den refractor de parallaxen van de volgende sterren verkregen:

De parallax van α Centauri is 0,8, zoodat zijn gemiddelde afstand 5 biljoen mijlen bedraagt.

Van 61 Cygni is de parallax 0,54, de gemiddelde afstand dus 8 biljoen mijlen.

Van α Lyrae is zij 0,16, dus de gemiddelde afstand 26 biljoen mijlen.

Van 1830 Groombridge is zij 0,27, de gemiddelde afstand dus 15 biljoen mijlen.

Van 70 p Ophiuchi is de parallax 0,17, de gemiddelde afstand alzoo 24 biljoen mijlen.

Van 21185 Lalande is de parallax 0,54, de gemiddelde afstand dus 8 biljoen mijlen.

Van 34 Groombridge is de parallax 0,31, de gemiddelde afstand dus 13 biljoen mijlen.

Peters heeft op de Pulkowa de afstanden van een groot aantal sterren trachten te bepalen, langs andere methoden dan die, welke aangewend zijn bij de zoo evengenoemde bepalingen van parallaxen, en hij heeft daaruit gemiddelde waarden afgeleid, welke in het algemeen hebben gegeven:

Voor sterren van de 1^{ste} grootte eene parallaxis van 0'.21, dus een afstand van 20 biljoen mijlen.

Voor sterren van de 2^{de} grootte eene parallaxis van 0'.12, dus een afstand van 35 biljoen mijlen.

Voor sterren van de 3^{de} grootte eene parallaxis van 0'.08, dus een afstand van 52 biljoen mijlen.

Voor sterren van de 4^{de} grootte eene parallaxis van 0'.05, dus een afstand van 83 biljoen mijlen enz.; zij zijn echter gedeeltelijk slechts bij benadering bepaald, zoodat zij nog nader aan onderzoek onderworpen behooren te worden.

1) De middellijnen en natuurkundige gesteldheid der vaste sterren.

Het is licht te begrijpen, dat het bijna onmogelijk is, om bij den grooten afstand, waarop de vaste sterren van ons verwijderd zijn, hare middellijnen te leeren kennen. Onze zon, wier middellijn nu meer dan een halven graad omvat, zou indien zij 240000 malen verder van ons verwijderd was, eene middellijn voor ons hebben van $\frac{1}{136}$ "; en dat alzoo de door de oudere sterrenkundigen opgegevene middellijnen (Kepler gaf voor Sirius 240", Gassendi voor dezelfde ster 10", Hevelius 6'.3 enz. op) zeer onjuist zijn, is niet te verwonderen. Zelfs de door Herschel medegedeelde middellijn van Wega 0'.36 en die van Arkturus 0'.20 zijn, omdat men zulke kleine middellijnen met onze fijnste werktuigen nauwelijks meten kan, slechts hypothetisch. Eene zeer vernuftige proef, om ten minste eene benaderde waarde voor middellijnen te verkrijgen, heeft Stampfer met kunstmatig gevormde sterren genomen; en ook gevonden, dat als eene ster van de 1^{ste} grootte zoo lichtgevend en groot als onze zon is, zij eene niet grootere middellijn dan van $\frac{1}{136}$ " behoeft te hebben. Indien de zwakkere sterren alleen door hare grootere afstanden minder lichtend zijn, moet hare schijnbare middellijn onmeetbaar klein zijn, zoodat tegenwoordig het meten van zulke kleine grootheden nog geheel onmogelijk is.

Over de natuurkundige gesteldheid van de vaste sterren zou men nog in het geheel niets weten, zoo men niet door de spectraalanalyse ten minste tot eenige algemeene gevolgtrekkingen kon komen.

Reeds heeft Fraunhofer bewezen, dat de spectra der vaste sterren in het algemeen gelijk zijn aan het spectrum van de zon. Men ziet, als men den kijker voorziet van een stelsel van prisma's en hem op de sterren richt, onafgebroken spectra overtogen met lijnen; en omdat geheel daarop gelijkende spectra verkregen kunnen worden door het verbranden van aardsche stoffen, neemt men aan, dat in de dampkringen of lichtbuisen van de vaste sterren diezelfde stoffen voorhanden zijn. In de spectra van de sterren Aldebaran en Betelgeuze herkende de Engelschman Huggins b. v. de in het zonnenspectrum zoo bekende dubbele lijn D en men besluit daaruit, dat in de dampkringen van deze sterren natriumdamp aanwezig is. Evenzoo heeft men uit andere lijnen afgeleid, dat op beide sterren ook nog magnesium, bismuth, antimonium, tellurium en kwikzilver voorkomt en dat in den dampkring van Aldebaran waterstofgas aanwezig moet zijn, dat bij Betelgeuze geheel ontbreekt.

Secchi verdeelt de sterren, naar de verschillende waargenomenen spectra, in vier hoofdvormen. Het spectrum van de witte of min of meer blauwachtige sterren: b. v. van Wega, van Sirius, Atair, Regulus, Rigel, van drie sterren in den grooten Beer, uitgezonderd α Ursae majoris, onderscheidt zich door vier donkere strepen, die ook in het spectrum van gloeiend aardsch waterstofgas voorkomen; omdat deze strepen in het spectrum der sterren vrij breed zijn, meent men dat de absorbeerende laag van waterstofgas zeer dik en sterk te zamen geperst en dat ook hare temperatuur zeer hoog is.

De tweede hoofdvorm van vaste sterren toont zich in het spectrum van onze zon, in dat van Capella, Pollux, Arkturus, Aldebaran, Procyon enz., en men is tot het besluit gekomen, dat deze sterren geheel dezelfde stoffelijke samenstelling en natuurkundige gesteldheid moeten hebben als de zon.

Tot den derden hoofdvorm behooren de roode sterren, α Orionis, β Pegasi, Mira Ceti, Antares, α Herculis enz. De absorptiestrepen zijn hier veel breder en de natriumstreep D vertoont zich vooral zeer breed, terwijl de waterstofstrepen, minder dan bij den eersten hoofdvorm het geval is, als hoofdstrepen te voorschijn treden. De strepen wijzen op het voorhanden zijn van magnesium, natrium en ijzer.

De vierde hoofdvorm der spectra eindelijk vertoont drie heldere, door donkere tusschenruimten gescheiden banden, van welke de schitterendste in het groen ligt, en de tweede veel zwakkere in het blauw; de derde in het geel strekt zich uit tot het rood, en is hier en daar in vele deelen gescheiden. Dit spectrum is zeer verschillend van dat der andere hoofdvormen, komt ook voor bij zwakke sterren en heeft groote overeenkomst met het spectrum van koolstof.

Van de reeds onderzochte sterren behoort nagenoeg de helft tot den eersten hoofdvorm, een derde tot den tweeden, de meeste der overige tot den derden, en alleen vindt men zwakkere sterren, die tot den vierden behooren.

II. DE THEORETISCHE STERRENKUNDE.

(PLAAT 4, 5, 6, 7, 11, 12.)

1. INLEIDING. VERKLARING.

Zoodra de beweging van enkele hemellichamen bekend was, wilde men, wat trouwens zeer natuurlijk was, de wijze van beweging leeren kennen en de loopbanen bepalen en poogde men de bewegingen der hemellichamen in het algemeen tot een stelsel te brengen. De meeste oude filosofen plaatsten, zooals het ook met den schijn overeenkomt, de aarde in het middelpunt van het heelal en lieten dan om de aarde, naar de grootte van den omloopstijd der dwaalsterren, eerst de maan, dan de planeten Mars, Jupiter en Saturnus zich bewegen. Ieder van die hemellichamen gaf men een afzonderlijken concentrischen hollen kogel, eene sfeer; en in een buitenste sfeer lagen dan de vaste sterren.

Ofschoon in de oudheid reeds eenige andere inzichten, vooral uit de school der Pythagoreïers, van Aristarchus van Samos enz. bekend waren gemaakt, heeft toch het wereldstelsel, waarbij de aarde onbeweeglijk het middelpunt inneemt, en dat uitvoerig in het eerste sterrenkundige leerboek „Almagest” beschreven is, eene geschiedkundige betekenis verkregen en gold het tot aan het einde van de middeleeuwen als het alleen juiste.

Het wereldstelsel van Ptolemaeus, aldus genaamd naar den beroemden schrijver van de „Almagest”, Ptolemaeus, vorderde twaalf doorschijnende bolvormige schalen, waarvan de eerste acht reeds genoemd zijn, terwijl de negende en de tiende, de eerste en de tweede kristallenhemel heetten en dienden om de verplaatsing der nachteveningspunten (de praecessie) te verklaren, de elfde daarentegen, het primum mobile, voerde alle daarin opgesloten kringen dagelijks om de aarde, terwijl eindelijk de twaalfde, het empyreum, de verblijfplaats der zalige geesten was.

Volgens een ander wereldstelsel, het Egyptische genoemd, stond ook de aarde in het middelpunt van het heelal, terwijl om deze zich de Maan, de Zon, Mars, Jupiter en Saturnus bewogen, bovendien beschreven Mercurius en Venus hare loopbanen om de zon.

Nikolaas Kopernicus, geb. 1473, gest. 1543, bevond, dat het stelsel van Ptolemaeus niet strookte met de bewegingen der hemellichamen, want volgens dat stelsel moest men de planeten, die van de rechterzijde naar de linkerhand en in dat geval rechtlopend, deels van links naar rechts en dan teruggaand, zich schijnen te bewegen, nog bijzondere bewegingen toeschrijven, welke daarvoor verklaard werden, dat men de planeten in de sferen kleine cirkels liet beschrijven, die men Epicykels noemde.

Al deze samengestelde bewegingen, het geheele stelsel der epicykels, vermeerde Kopernicus, door de Aarde te plaatsen in de rij der planeten, en door om de zon eerst Mercurius, dan Venus, dan de Aarde, Mars, Jupiter en Saturnus te doen bewegen, en door de maan als wachter der Aarde hare baan om de Aarde te doen beschrijven. Kon hij hierdoor op eene hoogst eenvoudige wijze de schijnbaar zoo zonderlinge heen- en weergaande beweging bij de planeten, en de jaarlijksche beweging van de zon verklaren, verniets deze slechts schijnbaar zoo is, en de aarde zich veel eerder in het tijdvak van een jaar om de zon beweegt, zoo gaf hij aan de aarde, om de snelle beweging van de sfeer der vaste sterren niet al te andere in overeenstemming te brengen, nog eene draaiing om hare as in den tijd van één dag.

Ofschoon ook nog Kopernicus reeds zijn zoo eenvoudig stelsel, om de niet gelijkvormige beweging der planeten te verklaren, zoodanig wijzigde, dat hij de zon niet in het middelpunt der planeten-banen, maar excentrisch plaatste, voltooide toch eerst de groote Kepler het stelsel, door de ontdekking van de ware loopbanen der hemellichamen. Kopernicus wordt dus ook met volle recht de hervormer der sterrenkunde genoemd, en op zijn stelsel berust tegenwoordig het geheele gebouw der theoretische sterrenkunde.

Het stelsel van Kopernicus vond in den beginne vele vijanden, omdat men meende, dat het met de leer van den Bijbel in strijd was. Zelfs behoorde de beroemde praktische sterrenkundige Tycho Brahe tot zijne tegenstanders, en na zijn dood vond men een ander wereldstelsel, dat naar hem het Tychonische heet. Naar dat stelsel bewogen zich de planeten Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus om de zon, terwijl de aarde als onbeweeglijk in het wereldruim aangenomen werd, en om haar eerst de maan en dan de zon met de haar omringende planeten hare loop moesten volbrengen.

Op Pl. 11, fig. 8, is de schijnbare loop van Venus van 1 Januari tot het begin van Mei 1870 voorgesteld en men ziet van 1 Januari tot 1 Februari hare rechtlopende beweging; op den korten schijnbaren stilstand volgt de teruggaande beweging tot het midden van Maart, dan wederom een korte stilstand en daarop heeft weder eene rechtlopende beweging plaats.

Op Pl. 5 is in fig. 1 het stelsel van Ptolemaeus met de aarde in het middelpunt en de

twaaft spheren afgebeeld, in fig. 2 heeft men het Tyconische stelsel, bestaande uit vijf cirkels om de zon en twee om de aarde.

Pl. 4 bevat in fig. 1 het zonnestelsel naar Kopernicus; in het middelpunt staat de zon, en in elliptische loopbanen zijn de planeten Mercurius, Venus, de Aarde, Mars voorgesteld, dan volgt de geschaduwde ring, welke de loopbanen der gezamenlijke nieuw ontdekte kleine planeten tusschen Mars en Jupiter in zich sluit, daarop volgen de loopbanen van Jupiter en Saturnus, welke planeten gezamenlijk den Ouden bekend waren. Uranus en Neptunus, eerst in de laatste 90 jaren ontdekt, zijn niet in tekening gebracht kunnen worden, omdat dan, hoewel de maatstaf van de fig. klein is, namelijk $\frac{1}{15}$ biljoenste, de plaat driemaal zoo groot had moeten zijn. Later zullen wij terugkomen op de banen der periodieke kometen, welke in dit stelsel opgenomen zijn.

De theoretische sterrenkunde in haren tegenwoordigen vorm rust op de door Kepler ontdekte regels, welke ontwikkeld kunnen worden uit het grondbeginsel der algemeene aantrekkingskracht. — Die wetten van Kepler luiden:

1) Iedere planeet beschrijft eene loopbaan, welke in de wiskunde eene kegelsnede genoemd wordt, en in een van de brandpunten dezer kegelsneden staat de zon.

2) De vlakteruimten, welke door den radius-vector (afstand van het hemellichaam tot de zon) in de loopbaan beschreven worden, zijn evenredig aan de tijden, waarin zij doorlopen worden.

3) De tweede machten der omlooptijden van de verschillende planeten van ons zonnestelsel staan tot elkander als de derde machten hunner gemiddelde afstanden.

De beide eerste wetten van Kepler werden (hij ontdekte de tweede het eerst) in het jaar 1609 in het geschrift „*Astronomia nova, sive physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis, ex observationibus Tychoonis Brahe, 1609 Heidelbergae*” medegedeeld.

De derde wet vond Kepler in 1618, en wel reeds op den 8^{den} Maart, echter maakte hij haar, na eene rekenfout verbeterd te hebben, eerst op den 15^{den} Mei 1618 bekend.

De loopbanen, welke de planeten om de zon beschrijven, zijn ellipsen, wier excentriciteit in het algemeen vrij gering is, terwijl de kometen ellipsen met vrij aanzienlijke excentriciteit of parabolen (ellipsen met eene excentriciteit 1) of hyperbolen (ellipsen met eene excentriciteit grooter dan 1) beschrijven; de loopbanen der groepen van vallende sterren zijn of (als de groepen na bepaalde tijdvakken terugkomen) elliptisch, of parabolisch, of hyperbolisch. De wijze, waarop uit waarnemingen de loopbanen berekend worden, is zeer samengesteld; voor de kometen echter heeft de sterrenkundige Olbers op het einde van de vorige eeuw eene zeer geschikte en gemakkelijke methode gevonden, welke nu nog gebezigd wordt. Gauss heeft, voor zoover het de bepaling van de loopbanen van planeten betreft, in zijn beroemd werk: „*Theoria motus corporum coelestium etc.*” eene handelwijze aangegeven, welke niet alleen door hare methode en eenvoudigheid, maar ook door hare korthed uitmaakt. Eerst in den nieuweren tijd, nadat het aantal planeten aanzienlijk was toegenomen, heeft men pogingen aangewend, om die methode nog te vereenvoudigen en te bekorten, en is men daarin dan ook gedeeltelijk geslaagd.

Eene loopbaan wordt bepaald en voorgesteld door verschillende grootheden, welke men elementen noemt. De theoretische sterrenkunde leert, dat in ons zonnestelsel ter bepaling van ellipsen en hyperbolen, daarbij de massa der hemellichamen, die bij de kleine planeten en de kometen verwaarloosd wordt, buiten rekening latende, zes elementen gevorderd worden, terwijl voor de parabolen vijf voldoende zijn.

Ter bepaling van de baan zelve behooren bij de ellipsen en hyperbolen twee elementen. De langste lijn in de ellips, welke door het middelpunt getrokken kan worden, heet de groote as, de kortste eveneens door het middelpunt gaande lijn, de kleine as. Door de groote en de kleine as, dus door twee elementen, is de ellips bepaald. De leer der kegelsneden toont echter aan, dat, als men de beide assen kent, ook de excentriciteit, de afstand van het brandpunt tot het middelpunt uitgedrukt in eenheden der halve groote as, gemakkelijk kan gevonden worden, indien in plaats van eene der assen (gewoonlijk in plaats van de kleine as) de excentriciteit gegeven is.

Omdat de zon in een der brandpunten van de ellips staat, zal de planeet het dichtst bij de zon zijn, als zij gekomen is in het ene eindpunt van de groote as (in het perihelium) en het verst van de zon af, als zij aan het andere uiteinde is gekomen, (in het aphelium). Bij den parabool en den hyperbool is de halve groote as oneindig groot, alzoo valt dit element weg en men geeft bij den parabool gewoonlijk den afstand in het perihelium op; bij den hyperbool behoeft men nog de grootte der excentriciteit.

Indien de excentriciteit nul is, vallen de brandpunten met het middelpunt samen, en ontstaat de cirkel; indien de excentriciteit 1 is, gaat de ellips, zooals reeds gezegd is, in een parabool over.

Den hoek, wiens sinus gelijk aan de excentriciteit is, noemt men den excentriciteitshoek.

De loopbanen, welke de planeten en kometen beschrijven, hellen meestal ten opzichte van de loopbaan der aarde of ten opzichte van het vlak, gaande door de aardbaan, de ecliptica; en de snijpunten, gevormd door de loopbanen der planeten en kometen met de aardbaan, noemt men Knoopen. De Knoop, waardoor het hemellichaam loopt, als het van zuidelijke breedte overgaat naar noordelijke, heet de klimmende of de andere de dalende knoop.

De opgaaf der lengte van den klimmenden Knoop, dus van het aantal graden, waarop hij van het voorjaars-nachteveningspunt verwijderd is, en de helling der beide genoemde loopbanen ten opzichte van elkander levert weder twee elementen.

Geft men nu nog op, hoe groot de lengte van het hemellichaam was, toen het in het perihelium stond, en den tijd of de epoche van den doorgang door het perihelium, dan heeft men voor de ellipsen en hyperbolen in het geheel zes elementen, voor de parabolen slechts vijf, voor den cirkel, omdat daarbij geen perihelium bestaat, slechts vier elementen. Bij de grootere planeten moet men als zevende element nog opgeven de massa van het hemellichaam.

Het doel der theoretische sterrenkunde is nu, om uit waarnemingen de loopbaan of de elementen van de loopbaan te vinden. Voor de zes planeten-elementen heeft men zes afzonderlijke waarnemingen noodig, welke bestaan kunnen in drie lengten en drie breedten, of vier lengten en twee breedten enz.; bij parabolische banen zijn vijf voldoende, bij cirkelvormige niet meer dan vier gegevens.

Als men de elementen van de loopbaan kent, is het niet moeilijk, om den loop van het hemellichaam te berekenen. Men bepaalt hem eerst, alsof men zich in het middelpunt van de zon bevond, derhalve, men bepaalt de heliocentrische plaatsen, dan verplaatst men zich naar het middelpunt van de aarde en bepaalt de geographische plaatsen. De opgaaf van der plaatsen met regelmatige tusschentijden (ten naastenbij van dag tot dag) noemt men ephemeriden.

De omlooptijd van een hemellichaam is de tijd, dien het nodig heeft, om zijne geheele baan te doorloopen, en men kan dien tijd, zoodra de halve groote as of de gemiddelde afstand bekend is, naar de derde wet van Kepler gemakkelijk berekenen. De gemiddelde dagelijksche beweging van een hemellichaam vindt men, als men den omtrek of 360° door den omlooptijd, uitgedrukt in dagen, deelt.

Wij hebben echter gezien, dat het nulpunt van onze telling aan den hemel voortdurend verandert. Omdat men ook den omlooptijd noemen kan, den tijd, verlopende tusschen een zekeren stand van een voorwerp aan den hemel en zijn terugkeer tot dienzelfden stand, maakt men, naar gelang die standen betrekking hebben op vaste sterren, op het nulpunt van onze stelling, op den stand tot de aarde en de zon, een onderscheid tusschen de verschillende omlooptijden.

De siderische omlooptijd is de tijd, die verloopt tusschen twee gelijke standen van de planeet met betrekking tot de vaste sterren.

De tropische omlooptijd is de tijd tusschen twee gelijke standen van de planeet met betrekking tot de aarde en de zon, bijvoorbeeld: de tijd van oppositie of conjunctie met elkander. Onder conjunctie verstaat men den stand, waarbij de zon en de planeet, gezien van de aarde, dezelfde lengte hebben, en onder oppositie den stand, waarbij de lengte van de zon met die van de planeet juist 180° verschilt.

De hoek, gevormd tusschen den radius-vector getrokken van de zon naar de planeet en dien van de zon naar het perihelium, noemt men de ware anomalie.

Neemt men aan dat een hemellichaam denzelfden omlooptijd als eene zekere planeet heeft, maar dat zijn baan cirkelvormig en zijn beweging daarom eenparig is, dan noemt men den hoek, gevormd tusschen de reeds genoemde richting van het perihelium en die van de zon naar die denkbeeldige planeet, de middelbare anomalie. Het verschil, dat tusschen eene ware en eene middelbare anomalie bestaat, heet middelpuntsverreffening.

Eindelijk neemt men nog eene anomalie aan, hieruit ontstaande, dat men om het middelpunt van de ellips een cirkel getrokken denkt, welke een straal heeft, gelijk aan de halve groote as van de ellips. Trekt men door de plaats van de planeet loodrecht op de halve groote as eene rechte lijn, dan snijdt deze den omtrek van den cirkel in een bepaald punt. De hoek gevormd aan het middelpunt van de ellips tusschen de richting naar het perihelium en die naar het zoo even genoemde punt en den omtrek des cirkels, wordt de excentrische anomalie genoemd. Tusschen haar en de ware, alsmede tusschen haar en de middelbare anomalie bestaan vrij eenvoudige betrekkingen, welke reeds door Kepler ontwikkeld zijn, en van welke die tusschen de excentrische en de middelbare anomalie een eigenaardigen, niet algebraïschen, maar transcendenten vorm heeft en de vergelijking van Kepler genoemd wordt.

In plaats van den tijd van doorgang door het perihelium, dien men bij de loopbanen van kometen als element invoert, heeft men bij ellipsvormige banen de middelbare anomalie, behoorende tot een bekend tijdstip, ingevoerd.

De lengte van het perihelium, een der gegevens van de elementen, is, als de loopbaan van de planeet ten opzichte van de ecliptica helt, de som van twee bogen, namelijk de boog van

het nulpunt der telling tot aan een der knopen, de lengte van dien knoop, en de boog van dien knoop tot aan het perihelium.

Den boog van dien knoop tot aan de plaats van de planeet noemt men de lengte in de baan of ook argument van de breedte, en hierbij opgeteld de lengte van den knoop, verkrijgt men de zogenaamde middelbare lengte van de planeet.

In plaats van de halve groote as of de logarithme daarvan alleen, geeft men nog gewoonlijk de gemiddelde dagelijksche beweging op en verkrijgt men zoodoende in vereeniging met de zoeven genoemde gegevens meer dan zes of vijf elementen. Deze zijn eigenlijk overbodige, van de noodzakelijke afhangende elementen; zij dienen tot controle en tot beter overzicht.

Op onze Pl. 11, fig. 5, is de tweede wet van Kepler voorgesteld; de geschaduwde vlakten inhouden zijn elliptische sectoren van dezelfde grootte, die dus in gelijke tijden beschreven worden. De sector AZB is gelijk aan den sector HZG, en CZD en FZE, en men ontwaart de ongelijke beweging in de baan, terwijl de bogen AB, CD, EF en GH in denzelfden tijd doorlopen worden.

In fig. 6 op dezelfde plaat heeft men eene voorstelling van de middelbare en de ware anomalie; de hoek AZP is de ware anomalie, welke door de planeet in denzelfden tijd doorlopen wordt, als de denkbeeldige hoek A'ZP', welke de middelbare anomalie voorstelt; hetzelfde geldt voor de middelbare anomalie A'Z'Q' en de ware anomalie AZQ; de halve cirkel A'Z'Z' moet men zich dan voorstellen in denzelfden tijd te worden doorlopen als de halve ellips AZB.

Stelt de lijn ZVF de richting naar het voorjaars-beginpunt, het nulpunt van onze telling aan den hemel voor, dan is de hoek VZA de lengte van het perihelium, en de hoek VZP de gemiddelde lengte van de planeet.

Op Pl. 4 zijn bij de loopbanen van planeten en kometen de periheliën voorgesteld door stippen met de letter π , de klimmende knoop door het teeken Ω , en de dalende knoop door het teeken φ .

2. HET ZONNESTELSEL.

Tot ons zonnestelsel behooren de Zon, welke men aanduidt met het teeken $\odot$, de planeten: Mercurius met het teeken ☿ , Venus ♀ , de Aarde ♁ , Mars ♂ , de kleine planeten tusschen Mars en Jupiter, waarvan er nu (Nov. 1871) 117 bekend zijn en die men tegenwoordig algemeen aanduidt met de teekens ①, ②, ... ①17 ; Jupiter ♃ , Saturnus ♄ , Uranus ♅ , Neptunus ♆ ; vervolgens de Manen of Wachters, de Kometen en de Meteoren of Vallende Sterren; het meest belangrijke, dat wij omtrent deze hemellichamen weten, zullen wij nu zoo kort mogelijk mededeelen.

a) De Zon.

is het centraallichaam van ons planetenstelsel en de vaste ster, welke het dichtst bij ons staat. Zij geeft het daglicht en de warmte, en haar lichtgevend vermogen is zoo groot, dat om hetzelfde licht voort te brengen, omtrent 620000 volle manen en 560000 miljoen vaste sterren van de eerste grootte, hebbende de helderheid van Capella, daartoe gevorderd zouden worden.

De gemiddelde afstand van de zon tot de aarde is de eenheid geldende in ons zonnestelsel en tevens de halve groote as van de ellips, welken onze aarde om de zon beschrijft. De hoek, waaronder de straal van de aarde uit de zon gezien zou worden, heet parallaxis van de zon en bedraagt naar de nieuwste onderzoekingen 8".848. De gemiddelde afstand van ons bedraagt 20,036000 geographische mijlen, waarvan er 5400 begrepen zijn op den omtrek der aarde aan den aequator. Het licht behoeft om dezen weg te doorloopen, volgens Struve, 8 minuten, 17.80 seconden.

De schijnbare middellijn van de zon bedraagt op den gemiddelden afstand $32' 42''$, doch deze waarde stijgt bij den kortsten afstand van de aarde tot de zon (op den 1^{sten} of 2^{den} Januari) tot $32' 36.5''$ en neemt bij den grootsten afstand van de aarde tot de zon (den 1^{sten} of 2^{den} Juli) af tot $31' 31.9''$. De ware middellijn van de zon bedraagt 187000 geographische mijlen, zij is 109 malen grooter dan die der aarde en haar lichamelijke inhoud 1,280000 malen grooter dan die van onze planeet.

De massa van de zon is naar Hansen 319455 malen grooter dan die der aarde, hare gemiddelde dichtheid daarentegen is niet meer dan $\frac{1}{4}$ van de gemiddelde dichtheid der aarde en 1.4 malen de dichtheid van water.

De zwaartekracht op de oppervlakte der zon is 27 malen grooter dan bij ons, zoodat een lichaam, dat op de aarde een pond weegt, op de zon 27 ponden zal wegen. In de eerste seconde doorloopt een lichaam, vallende op de oppervlakte der zon, een weg van 133 meters, terwijl op de aarde dat lichaam in dienzelfden tijd niet meer dan 4.9 meters aflegt.

Op de zon ontwaart men somtijds reeds met het ongewapend oog donkere vlakken, welke

met een kijker beschouwd blijken omgeven te zijn van een lichter rand (penumbra); door de waarneming van deze vlakken heeft men gevonden, datde zon zich in 25 dagen en 7 uren om hare as rondwentelt. De meeste vlakken echter hebben nog eene eigene beweging en het blijkt, dat als men de rotatie uit de vlakken afleidt, welke ten noorden of ten zuiden van den aequator der zon gelegen zijn, men daarvoor een ander en wel een weinig grooter getal verkrijgt. Uit de waarnemingen der zonnevlakken heeft men ook gevonden, dat de aequator van de zon ten opzichte van de ecliptica $7^{\circ} 30'$ helt en het snijpunt of de klimmende knoop op 78° ligt. De vlakken zijn meermalen zeer groot en kunnen middellijnen van 10000 en meer mijlen hebben. Zij verschijnen aan de noordzijde en aan de zuidzijde van den aequator der zon, strekken zich echter zelden verder uit dan over een bepaalden gordel, dien men den Koningsgordel noemt en die zich uitstrekt van 40° ten zuiden tot 40° ten noorden van den aequator.

Behalve deze grootere vlakken vertoont de zon, als zij door een vermogenden kijker beschouwd wordt, eene groote menigte zeer kleine vlakjes of poriën, waartusschen zich lichtadern openbaren. Op enkele plaatsen heeft men aanzienlijke ophooping van licht, welke men zonnefakkelen noemt.

Niet altijd zijn er even veel zonnevlakken zichtbaar; er zijn jaren, waarin zij zich zelden vertoonen en andere jaren, waarin hun aantal bijzonder groot is; men heeft gevonden, dat tusschen het maximum van vlakken en het minimum een tijdvak van 11 $\frac{1}{2}$ jaar ligt. De laatste maxima hadden plaats in de jaren 1858, 1859, 1870, de minima in de jaren 1856 en 1868.

Bij totale zonsverduisteringen heeft men het eerst aan den rand van de zon roode vlammen, protuberanten waargenomen, die vele minuten buiten den rand uitsteken en somtijds meer dan 20000 mijlen hoog zijn. Tegenwoordig kan men met spectraaltoestellen iederen dag, als de hemel niet bevolkt is, die protuberanten zien. Bovendien ontwaart men bij totale zonsverduisteringen een helder verlicht lichtkrans om de zon, welke de Corona genoemd wordt.

Over de natuurkundige gesteldheid van de zon bestaan twee hypothesen, de eene is van Wilson en W. Herschel, en volgens deze is de zon zelve een donker lichaam, omgeven van verscheidene dampkringen, waaronder een sterk lichtgevend, de photosfeer genaamd, en de zonnevlakken beschouwt men volgens deze hypothese als gaten in de photosfeer, waardoor men de donkere kern van de zon ziet, terwijl men de zonnevlakken als ophooping van licht beschouwt, enz.

Volgens de andere hypothese is de zon nog in vloeibaren toestand, eveneens omgeven door vele dampkringen, waarin zich eene menigte gasvormige lichamen bevinden, welke bepaalde zonnestralen opnemen en zich voor ons oog, in het spectrum der zon, als donkere strepen vertoonen. De vlakken zijn dan massa's, zwemmende of drijvende op de gloeiende en vloeijende oppervlakte, die om zich heen eene daling van de temperatuur veroorzaken en daardoor de vlakken omgevende, penumbra vormen. De protuberanten worden beschouwd als gasvormige zelfstandigheden, die evenals onze wolken op de aarde voortdurend van vorm en grootte veranderen.

Indien men aanneemt, dat er op de oppervlakte van de zon krachtige uitharstingen plaats hebben en hevige stormen woeden, kunnen de tot nu toe waargenomen verschijnselen door de laatste hypothese op een eenvoudiger wijze verklaard worden dan met behulp van de eerste, die van Wilson en Herschel.

Pl. 7, fig. 1 stelt de totale zonsverduistering van den 18^{den} Juli 1860 voor; de lichte uitstekkende voorwerpen aan den rand zijn de protuberanten en de lichtkrans, welke de zwarte schijf omgeeft, is de Corona.

Fig. 2 op dezelfde plaat geeft den eigenlijken vorm van de zonnevlakken, zooals zij in den grooten kijker van de sterrenwacht te Leipzig op den 10^{den} September des jaars 1867 gezien en geteekend zijn.

b) De planeten.

1) Mercurius

is, zooals ons met zekerheid bekend is, de dichtst bij de zon gelegene planeet. Ofschoon men nog eene of meer nog dicht bij de zon zich bevindende planeten vermoedde, en enkele personen ook meenden, er een gezien te hebben, kan toch na een streng onderzoek onder alle omstandigheden de waarneming van zulk eene planeet hoogstens voor waarschijnlijk worden gehouden.

De gemiddelde afstand van de zon is 7.8 miljoen mijlen, de kleinste, omdat de excentriciteit van de loopbaan bijna $\frac{1}{3}$ bedraagt, 6.2 miljoen, en de grootste 9.3 miljoen mijlen. Haar tropische omlooptijd bedraagt 87 dagen, 23 uren, 14 min., 32 sec., haar synodische, 115 dagen, 21 uren. De afstand van de aarde verandert tusschen 10.4 miljoen en 29.7 miljoen mijlen, de schijnbare middellijn tusschen $12.9''$ en $4.5''$, de ware middellijn bedraagt 650 mijlen.

Hare massa is volgens Encke gelijk aan $\frac{1}{33294238}$ deel van die der zon, en hare dichtheid 1.4 malen die der aarde. Een lichaam, dat op de aarde 1 pond weegt, is op Mercurius 0.52 pond zwaar.

Omdat zij gemiddeld $2\frac{1}{2}$ maal dichter dan onze aarde bij de zon is, verkrijgt zij omtrent zesmaal meer licht en warmte. Wegens hare nabijheid tot de zon, zien wij haar ook altijd dicht bij haar, spoedig na de zon ondergaande, en kort voor haar opkomend. Haar grootste afstand van de zon, de grootste elongatie, kan tot 28° klimmen. Tijdens hare grootste elongatie vertoont zij zich voor het ongewapend oog als eene ster van de tweede grootte.

Omdat zij eene binnenplaneet is, en dus haar loopbaan binnen die van de aarde ligt, kan men in den kijker schijngestalten onderscheiden, zooals onze maan die toont; zij vertoont zich nu eens geheel, dan weer als sikkels verlicht. De schijngestalten zijn niet scherp begrensd, en daaruit heeft men afgeleid, dat op hare oppervlakte bergen moeten bestaan en zij een dampkring moet hebben, en om hare omwenteling om de as bepaald op 24 uren, 5 min.

Op bepaalde tijden zien wij de planeet voorbij de zonnenschijf zich bewegen, en zulke voorbijgangen van Mercurius zullen in deze eeuw plaats hebben op den 6^{den} Mei 1878, op den 8^{sten} November 1881, op den 10^{den} Mei 1891 en op den 10^{den} November 1894.

2) Venus.

De gemiddelde afstand van Venus tot de zon is 14.5 miljoen mijlen, en omdat de excentriciteit van de baan niet meer dan $\frac{1}{16}$ bedraagt, kan zij niet dichter tot haar naderen dan tot 14.4 mijlen en niet verder zich van haar verwijderen dan 14.6 mijlen.

De tropische omlooptijd bedraagt 224 dagen, 16 uren, 41 minuten, 26 seconden en de synodische 1 jaar, 218 dagen, 16 uren, zoodat de planeet in acht jaren bijna vijf synodische omloopen volbrengt, en om de acht jaren bijna op denzelfden tijd aan dezelfde plaats van den hemel zich vertoont.

De afstand van Venus tot de aarde verschilt tusschen 5.3 miljoen en 35 miljoen mijlen, de schijnbare middellijn tusschen 65.2 en 9.5 , de ware middellijn bedraagt 1640 mijlen. Hare massa is gelijk aan $\frac{1}{415155}$ van die der zon en de dichtheid 0.89 in vergelijking van die der aarde. Een pond op de aarde weegt op Venus 0.85 pond.

Venus is 1.4 malen dichter bij de zon dan de aarde, zij verkrijgt dus omtrent 1.9 malen meer licht en warmte. Wegens hare nabijheid tot de zon vertoont zij zich nu eens als morgenster dan weder als avondster, en hare grootste elongatie is niet grooter dan 48° . Zij vertoont zich voor ons het helderst 39 dagen voor en na hare onderste conjunctie met de zon.

Als binnenplaneet vertoont Venus zich even als Mercurius onder alle schijngestalten, van een smalle sikkels tot hare geheele verlichting. De schijngestalten zijn niet scherp begrensd en men ziet op haar vlakken, waaruit men afleidt, dat zij een dampkring heeft, terwijl men door middel der vlakken de omwenteling om hare as op 23 uren, 21 min., 22 sec. bepaald heeft, welk getal echter nog vrij onzeker is.

Even als Mercurius gaat ook Venus op bepaalde tijden voorbij de zonnenschijf, en deze overgangen van Venus zijn voor de bepaling van de parallaxis van de zon of van den afstand tusschen de zon en de aarde van groot gewicht. Zulke voorbijgangen hebben echter zelden plaats; de eerste nu volgende zullen zich vertoonen op den 8^{sten} December 1874 en op den 6^{den} December 1882, terwijl daarna eerst weder op den 7^{den} Juni 2004, op den 5^{den} Juni 2012, op den 10^{den} December 2117, en op den 8^{sten} December 2125 overgangen zullen plaats hebben; de tusschentijden bedragen alzoo 8, 421 $\frac{1}{2}$, 8 en 105 $\frac{1}{2}$ jaren.

Op Pl. 11 zijn in fig. 2 de schijngestalten van Mercurius en Venus in hare schijnbare grootte, uit de aarde gezien, voorgesteld. Zoowel Mercurius als Venus zijn tijdens hare bovenste conjunctie geheel verlicht, tijdens de onderste conjunctien in het geheel niet, want het donkere, zwart geteekende deel der kogels ziet men gewoonlijk in het geheel niet.

3) De Aarde.

Haar gemiddelde afstand is naar de nieuwste bepalingen 14650 malen grooter dan hare middellijn of 20,036,000 geographische mijlen; de parallaxis van de zon stelt men op $8''.848$. De excentriciteit van de loopbaan der aarde is $\frac{1}{60}$ en daarom haar kleinste afstand van de zon 19,704,000 mijlen en haar grootste 20,372,000 mijlen.

De siderische omlooptijd bedraagt 365 dagen, 6 uren, 9 min., 9.5 sec., de tropische of de lengte van het zonnejaar 365 dagen, 5 uren, 48 min., 46.4 sec. De tijd, welken de aarde noodig heeft, om eenmaal om hare as om te wentelen, noemt men sterrendag, welk tijdvak, op zeer kleine periodieke terugkomende afwijkingen na, altijd even groot blijft, terwijl de ware zonnedag of de tijd gelegen tusschen den eenen doorgang van de zon door den meridiaan en den daaropvolgenden, wegens de eenparige beweging der aarde, en omdat die beweging in de ecliptica en niet in het vlak van den aequator plaats heeft, ongelijk van duur is. De middelbare zonnedag is de tijd, welke verloopt tusschen twee culminatien van de zon door den meridiaan, daarbij veronderstellende, dat de beweging der aarde om de zon eenparig is en in het vlak van den aequator plaats heeft, en men vindt dat 365,25636 van zulke middelbare zonnedagen gelijk zijn aan 366,25636 sterrendagen, zoodat de duur van een sterrendag gelijk is aan 23 uren, 56 min., 4.091 sec. uitgedrukt in middelbaren tijd.

Ten tijde van het begin des voorjaars, wanneer de aarde in den aequator staat, is de sterrentijd gelijk aan den waren tijd, op alle andere tijden des jaars wijkt hij van den waren tijd af en het verschil klinkt dagelijks bijna 4 minuten en is bij de herfstnachtvevingen gelijk aan 12 uren.

De duur van den waren zonnedag verschilt van 23 uren, 59 min., 39 sec. tot 24 uren, 0 min., 30 sec.

Het verschil tusschen middelbaren en waren zonnentijd noemt men tijdsvereffening.

De middelbare tijd en de ware zonnentijd vallen viermaal 's jaars samen, en wel op den 14^{den} of 15^{den} April, op den 14^{den} of 15^{den} Juni, op den 31^{sten} Augustus of op den 1^{sten} September en op den 23^{sten} of 24^{sten} December. De grootste positieve waarde, welke de tijdsvereffening kan verkrijgen, omstreeks het midden van Februari, is $14\frac{1}{2}$ minuten, de grootste negatieve waarde, in het begin van November, $16\frac{1}{2}$ min.

De aequator van de aarde helt tegenwoordig ten opzichte van de ecliptica (de baan der aarde) $23^\circ 27' 22''$, welke grootte, de zoogenaamde helling van de ecliptica, jaarlijks $0''.476$ kleiner wordt, later echter weder toeneemt op zoodanige wijze, dat de helling van den aequator nooit kleiner dan 21° en nimmer grooter dan 27° wordt.

Op kleine verschillen na blijft de as van de aarde gedurende het geheele jaar evenwijdig aan haar zelf, en bij de beweging van de aarde om de zon schijnt, tengevolge van de helling der ecliptica, de zon op de eene plaats hooger boven den horizon zich te verheffen of langer achter den horizon te vertoeven dan op eene andere. Hieruit ontstaat de ongelijkheid van dag en nacht, alsook de jaargetijden, voorjaar, zomer, herfst en winter. Het sterrenkundig voorjaar begint voor het noordelijke halfrond der aarde, als de zon in den Ram komt, op den 20^{sten} Maart, en duurt 92 dagen, 22 uren. De zomer begint, als de lengte van de zon 90° bedraagt en in het teeken van den Kreeft komt, op den 22^{sten} Juni, en duurt 93 dagen, 14 uren. Het begin van den herfst heeft plaats, als de zon weder in den aequator staat, op den 23^{sten} September, terwijl dit jaargetijde 89 dagen 17 uren duurt. De winter begint, als de lengte van de zon 270° bedraagt, op den 22^{sten} December, en duurt 89 dagen, 1 uur.

Voor het zuidelijke halfrond beginnen de jaargetijden juist andersom. Op het noordelijk halfrond zijn daarom het voorjaar en de zomer 7 dagen, 18 uren langer dan de herfst en de winter; op het zuidelijke halfrond even zoveel dagen en uren korter.

De massa van de aarde is volgens Hauser $\frac{1}{319555}$, de gemiddelde dichtheid, volgens Baily en Reich 5.6, volgens Airy 6.6 grooter dan die van water en viermaal grooter dan die der zon.

De aarde heeft de gedaante van een afgeplattens kogel of van eene omwentelings-ellipsoïde, waarvan de kleinste as de omwentelingsas is. De afplatting bedraagt volgens Bessel $\frac{1}{299.1528}$, de ware middellijn van de aarde aan den aequator 1718.8, de omtrek 5400 geographische mijlen, de afstand van pool tot pool of de lengte van de kleine as 1713.1 geographische mijlen. De afgeplatte gedaante van de aarde en de middelpuntstredende kracht zijn oorzaken dat een lichaam, dat aan den aequator 1 pond weegt, aan de polen 1.0052 pond zwaar is; een slinger zonder gewicht, welke in eene secunde eene schommeling volbrengt, zou aan den aequator 991.0 millimeters en aan de polen 996.1 millimeters lang zijn. Een vrij vallend lichaam in het lichtledige doorloopt aan den aequator in eene secunde 4.89, en aan de polen 4.91 meters.

De aarde is omgeven van een dampkring, bestaande uit eene elastische zelfstandigheid, welke uit 76.7 gewichtsdeelen stikstof, uit 23.3 zulke deelen zuurstof en uit een geringe hoeveelheid koolzuur enz. bestaat en wier geheele massa 1,300,000 malen kleiner is dan die der aarde. Indien de dampkring overal dezelfde dichtheid had als aan de oppervlakte der aarde, zoude zijne hoogte 8000 meters bedragen. Uit de verschijnselen der schemering, welke ontstaat door de terugkaatsing der zonnestralen tegen de luchtdeelen, nadat de zon is ondergegaan of vóór hare opkomst en welke, sterrenkundig gesproken, zoolang duurt tot dat de zon 18° onder den horizon is, hebben wij geleerd dat nog op eene hoogte van 10 mijlen luchtdeelen aanwezig zijn, welke zonlicht kunnen terugkaatsen, zoodat men aannemen moet dat de dampkring veel hooger is.

De dampkring kan in de verschillende streken van de aarde, daarbij de periodieke verschillen niet in aanmerking nemende, niet even hoog zijn, want de werktuigen, waarmede wij de drukking van den dampkring meten, de barometers, staan aan de keerkringen, die streken op de aarde waarvoor de zon in den zomer en in den winter tot aan het zenith klimt en die op $23\frac{1}{2}^\circ$ ten noorden en ten zuiden van den aequator liggen, het hoogst.

De temperatuur in den dampkring vermindert voor iedere 180 meters, welke men stijgt, 1° , echter wordt deze vermindering waarschijnlijk in hooger streken geringer, daar men de temperatuur van het wereldruim niet veel lager dan -100° Celsius (volgens de mechanische warmthetheorie -284°) stelt.

Omdat de dampkring eene lichtbrekende zelfstandigheid is, wordt iedere lichtstraal komende van een hemellichaam daarin gebroken, maar de weg van dien lichtstraal is, omdat de dichtheid van den dampkring, naarmate men hooger stijgt, afneemt, niet recht maar kromlijnig. Wij zien het hemellichaam echter in de richting van de laatste raaklijn aan de door het licht beschrevene kromme lijn, en het verschil tusschen deze richting met de oorspronkelijke is de

waarde van de straalbuiging of refractie. Zij hangt af van de dichtheid van den dampkring of van den barometerstand en van de temperatuur en bedraagt gemiddeld in den horizon 36° op 10° hoogte, $5^\circ 16'$ op 45° hoogte en is in het zenith 0° .

Een van de merkwaardigste verschijnselen op de aarde is de eb en vloed, als gevolg van de aantrekking van de maan en de zon op het vloeibare gedeelte van de aarde. De vloed, welke alleen door de maan voortgebracht wordt, is $2\frac{1}{2}$ malen grooter dan die, door de zon veroorzaakt. Omdat de vloed afhangt van het terugkeeren van de maan in den meridiaan en bij iedere twee culminatiën der maan tweemaal eb of vloed plaats heeft, is de tijdruimte tusschen den eenen vloed of eb tot den anderen omtrent 12 uren, 25 min. De tijd, waarop de maan door den meridiaan gaat, valt echter niet samen met den tijd, waarop de zee het meest gerezen is; die volgt gewoonlijk later en de vertraging van vloed of eb, welke men harentijd noemt, is op verschillende plaatsen der aarde zeer verschillend, daar zij afhangt van den plaatselijken toestand of vorm van het land, alsook van stroomen, winden enz. Daar nu bij nieuwe en volle maan de aantrekkingskracht van de zon en de maan gelijktijdig werken in dezelfde rechte lijn, is bij deze toestanden, de Syzygiën, de eb en de vloed het grootst, daarentegen bij het eerste en laatste kwartier, de quadraturen, het kleinst. Het toenemen van de declinatie der maan en der zon vermindert de eb en den vloed in de Syzygiën en vergroot hen in de quadraturen. Gedurende de nachteveningen heeft men de grootste rijzing en daling van het water, en zij zijn op dezen tijd bijzonder groot, indien het dan tevens nieuwe of volle maan is en de maan zich zoo dicht mogelijk bij de aarde bevindt. De traagheid van eb en vloed in den tijd van één dag, welke gemiddeld $50\frac{1}{2}$ minuten bedraagt, is gedurende de Syzygiën slechts 39 minuten, daarentegen tijdens de quadraturen 75 minuten. Ingesloten zeeën, de Oostzee, de Zwarte zee en ook een deel van de Middellandsche zee ondervinden geen eb en vloed, terwijl bij opene rivieren, welke uitmonden in de groote wereldzee, eb en vloed nog ver van hare monden merkbaar is; echter is hier de vertraging veel grooter dan aan de opengelegene kusten.

Onze plaat 5 geeft in fig. 4 en 5 den loop van de aarde om de zon benevens de jaargetijden. In fig. 4 is A de stand der aarde met betrekking tot de zon ten tijde van het begin des voorjaars, C ten tijde van het begin des najaars. Men ziet, dat op deze tijden de aarde van pool tot pool voor de helft verlicht is en de zon loodrecht op den aequator staat; dag en nacht zijn dan op de geheele aarde even lang. B is de stand van de aarde op den 22^{den} Juni bij het begin van den zomer, de noordpool en zijne omgeving tot $23\frac{1}{2}^\circ$ wordt geheel door de zon verlicht, de zuidpool is in nacht gehuld. In D staat de zon op den 22^{den} December, waar omgekeerd de zuidpoolcirkel geheel verlicht is, en de noordpool daarentegen niet boven den horizon komt.

In fig. 5 heeft men dezelfde standen, in A bij het begin van het voorjaar, B bij het begin van den zomer, C bij het begin van den herfst, D bij het begin van den winter, daarbij het oog geplaatst denkende boven de ecliptica.

Op Plaat II is in fig. 4 de eb en vloed voorgesteld. De maan in M trekt de vloeibare oppervlakte der aarde in *a* meer aan dan het middelpunt E en deze wederom meer dan het punt *c* van de oppervlakte der aarde, in *a* heeft daarom eene rijzing tot *b*, in *c* eene terugblijven tot *d* plaats; men ziet daaruit, dat op de tegenover elkander gelegene punten der aarde *a* en *c* gelijktijdig vloed en daarentegen op de punten, welke van deze 90° verwijderd zijn, eb moet plaats hebben.

Fig. 9 op deze plaat toont aan, hoe de aarde door de zon verlicht op de eene helft dag heeft; ook nog hoe een deel van de evenwijdig vallende zonnestralen door den dampkring der aarde teruggekaatst worden en het deel van de aarde tusschen *cc'* *dd'* nog eenig licht verkrijgt, zoodat op dit gedeelte de schemering ontstaat. De donkere nacht heeft alleen aan de andere zijde van de lijn *cc'* *dd'*, naar *b* toe, plaats.

Fig. 7 op dezelfde plaat geeft den weg van een lichtstraal door den dampkring, welke door de verschillende luchtlagen *p*, *o*, *v*, *w* gaat. HAH' is de horizon, sA is de weg van den lichtstraal, welke men in de richting A s' ziet en het verschil tusschen deze richting en de rechtlijnige van s is het bedrag der refractie. Evenzoo is tA, uA de weg van de lichtstralen, welke wij in de richting t' A, u' A zien.

4) Mars

is gemiddeld 30,5 miljoen mijlen van de zon verwijderd, en daar de excentriciteit van de loopbaan bijna $\frac{1}{4}$ bedraagt, is haar kleinste afstand van de zon 27,7 miljoen en grootste 34,3 miljoen mijlen.

De tropische omlooptijd is 1 jaar, 321 dagen, 16 uren, 19 min., de synodische 2 jaren, 48 dagen, 23 uren.

Mars ontvangt van de zon niet meer dan $\frac{1}{4}$ van het licht en de warmte, welke de aarde ontvangt.

Zij schijnt aan den hemel als eene roode ster, welke het helderste is tijdens hare oppositiën. In de gemiddelde oppositie is zij achttmaal helderder dan eene ster van de eerste grootte

van de helderheid van Capella en 7000 miljoenmaal zwakker dan de zon op haren gemiddelden afstand.

Uit de berekening der waarnemingen heeft men gevonden, dat zij niet meer dan 27 procent van het zonlicht, dat zij ontvangt, terugkaatst.

De afstand van Mars tot de aarde verandert van 7,3 miljoen tot 54 miljoen mijlen, de schijnbare middellijn van $25,6$ tot $37,5$, de ware middellijn is 910 mijlen, de dichtheid 0,7 vergeleken bij die van de aarde, en een lichaam, dat op de aarde een pond weegt, is op de oppervlakte van Mars niet meer dan 0,4 pond zwaar.

Met den kijker ziet men op hare oppervlakte vlakken, en uit de waarneming van deze heeft men afgeleid, dat Mars zich in 24 uren, 37 min. 30 sec. om hare as wentelt. De helling van haren aequator met betrekking tot de vlakke van hare loopbaan is $27,3$, zoodat bij haar de jaargetijden nagenoeg zoo zijn als bij de aarde. De vlakken op de oppervlakte toonen duidelijk, dat er een dampkring aanwezig is, bovendien heeft men aan de polen helder verlichte segmenten opgemerkt, die naar het jaargetijde nu eens grooter dan weder kleiner worden en men is op het denkbeeld gekomen, dat deze vlakken door sneeuw en ijs ontstaan, en dus in den winter op Mars grooter en in den zomer kleiner moeten worden.

Op Plaat 7, fig. 10 is eene afbeelding van Mars gegeven op een schaal van $\frac{1}{200000000}$, zoodat zij op den 25^{sten} April 1856 in den kijker gezien en geteekend is geworden en waarop de vlakken op de oppervlakte, alsmede de sneeuw- en ijsgordel, waarvan de noordelijke aanzienlijk grooter is dan de zuidelijke, duidelijk zichtbaar zijn.

5) De kleine planeten.

Op eene gaping in de afstanden der planeten, tusschen Mars en Jupiter, als men ze benaderender wijze aldus door een reeks voorstelt

afstand	Mercurius tot de zon	8 mill. mijlen.
"	Venus " " "	8 + 1×6 mill. mijlen
"	Aarde " " "	8 + 2×6 " "
"	Mars " " "	8 + 4×6 " "
"	Jupiter " " "	8 + 16×6 " "
"	Saturnus " " "	8 + 32×6 " "
"	Uranus " " "	8 + 64×7 " "

hebben reeds Kepler, later Titius, Bode en anderen de aandacht gevestigd, en toen op den 1^{sten} Januari 1801 de sterrenkundige Piazzi te Palermo eene kleine ster vond, wier beweging verried, dat zij eene planeet tusschen Mars en Jupiter zijn moest, meende men dat de gaping aangevuld was. Deze planeet verkreeg den naam Ceres: op den 28^{sten} Maart 1802 vond Olbers bij het zoeken naar Ceres nog eene planeet, welke men den naam Pallas gaf, en daardoor bleek het, dat in die gaping niet slechts eene maar meer planeten aanwezig zijn, die men wegens hare kleinheid „kleine planeten” of „asteroiden” noemde.

Bij de vervaardiging van sterrenkaarten ontdekte de sterrenkundige Harding te Göttingen op den 1^{sten} September 1804 de derde kleine planeet Juno, en op den 29^{sten} Maart 1807 vond Olbers de vierde, Vesta genaamd. Er verliepen 38 jaren, zonder dat het aantal der kleine planeten vergroot werd, toen een beminnaar der sterrenkunde, de secretaris van het postwezen te Driesen, Henke, op den 8^{sten} December 1845 de vijfde planeet, Astraea genaamd, ontdekte en op den 1^{sten} Juli 1847 de zesde, Hebe. Sedert dien tijd legde men zich in het bijzonder toe op de vervaardiging van nauwkeurige sterrenkaarten, wijdde men vooral groote zorg aan de sterren in de nabijheid van de ecliptica en tot nu toe heeft men in het geheel 117 kleine planeten gevonden, waarvan de laatste ontdekte nog veel zwakker van licht zijn dan die, welke in de eerste jaren ontdekt zijn.

Van de 117 planeten, die wij in de volgende lijst mededeelen, zijn er in Frankrijk 32, in Amerika 29, in Engeland 16, in Italië 11, in Oost-Indië 3 en in Denemarken 4 ontdekt.

De gemiddelde afstand van deze kleine planeten tot de zon ligt tusschen 40 mill. en 70 mill. mijlen en haar omlooptijd tusschen 3 jaren 97 dagen en 6 jaren 194 dagen.

Alleen in de nabijheid harer oppositie zijn de meeste van de aarde zichtbaar, omdat zij dan de meeste helderheid hebben.

Vesta bereikt dikwijls de helderheid van eene ster der zesde grootte, zoodat men haar dan even met het ongewapend oog zien kan; tot het waarnemen der andere zijn kijkers noodig, en enkele zijn zelfs tijdens hare oppositie zoo zwak van licht, dat zij niet dan met de grootste kijkers van den tegenwoordigen tijd gezien kunnen worden.

Onder aanneming van de hypothese, dat haar terugkaatsend vermogen voor lichtstralen gelijk is aan het gemiddelde van de groote planeten Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus, heeft men benaderd hare ware middellijn berekend, en gevonden dat zij niet kleiner dan 3

en niet grooter dan 50 geographische mijlen zijn. Slechts van eenige zullen wij hier de zoo hypothetisch berekende middellijnen mededeelen:

Vesta 49 mijlen	Juno 24 mijlen	Thalia 9 mijlen	Phaëa 4 mijlen
Ceres 49 "	Victoria 9 "	Lutetia 9 "	Atalante 7 " enz.
Pallas 37 "			

Aangaande de massa's van deze hemellichamen weten wij niets, hunne gezamenlijke massa zal wel zeer gering zijn, en onze berekeningen, aannemende dat hunne massa's in vergelijking van die der groote planeten onmerkbaar klein zijn, zijn volkomen met de waarnemingen in overeenstemming.

Toen men nog slechts vier van deze kleine planeten kende, meende Olbers de hypothese te kunnen stellen, dat zij de overblijfselen van eene enkele groote planeet waren; thans is men

echter meer geneigd aan te nemen, dat zich oorspronkelijk tusschen Mars en Jupiter een nevelring om de zon bewogen heeft, die door eene of andere oorzaak verbroken, en in vele kleine stukken verbrokkeld is, waaruit door langzaam toenemende verdichting de kleine planeten zijn ontstaan.

In de volgende tabellen zijn eerst de kleine planeten, in de volgorde harer ontdekking, met den tijd waarop en de plaats waar zij ontdekt zijn, benevens de namen der ontdekkers, gegeven. In een tweede tabel zijn medegedeeld de elementen der loophanen; in de eerste kolom staan de namen der planeten, in de tweede vindt men van iedere planeet de lengte van het perihelium, in de derde de lengte van den klimmenden knoop der baan, in de vierde de helling van de baan ten opzichte van de ecliptica, in de vijfde de halve groote as, alles uitgedrukt in den afstand tusschen zon en aarde als eenheid, in de zesde kolom de excentriciteit, uitgedrukt in de halve groote as als eenheid, in de zevende kolom den siderischen omloopstijd in Juliaansche jaren ($365\frac{1}{4}$ dag) en dagen.

De kleine planeten tusschen Mars en Jupiter.

NAMEN.	NUMMER	TIJDSTIP DER ONTDEKKING.	NAAM VAN DEN ONTDEKKER.	PLAATS DER ONTDEKKING.
Ceres	1	1 Januari 1801	Piazzi	Palermo
Pallas	2	28 Maart 1802	Olbers	Bremen
Juno	3	1 September 1804	Harding	Lilienthal
Vesta	4	29 Maart 1807	Olbers	Bremen
Astraea	5	8 December 1845	Hencke	Driesen
Hebe	6	1 Juli 1847	Hencke	Driesen
Iris	7	13 Augustus 1847	Hind	London
Flora	8	18 October 1847	Hind	London
Motis	9	26 April 1848	Graham	Markree-Castle
Hygiea	10	12 April 1849	de Gasparis	Napels
Parthenope	11	11 Mei 1850	de Gasparis	Napels
Victoria	12	13 September 1850	Hind	London
Egeria	13	2 November 1850	de Gasparis	Napels
Irene	14	19 Mei 1851	Hind	London
Euromia	15	29 Juli 1851	de Gasparis	Napels
Psyche	16	17 Maart 1852	de Gasparis	Napels
Thetis	17	17 April 1852	Luther	Bilk
Melpomene	18	24 Juni 1852	Hind	London
Fortuna	19	22 Augustus 1852	Hind	London
Massalia	20	19 September 1852	de Gasparis	Napels
Lutetia	21	15 November 1852	Goldschmidt	Parijs
Calliope	22	16 November 1852	Hind	London
Thalia	23	15 December 1852	Hind	London
Themis	24	5 April 1853	de Gasparis	Napels
Phocaea	25	7 April 1853	Chacornac	Marseille
Proserpina	26	5 Mei 1853	Luther	Bilk
Euterpe	27	8 November 1853	Hind	London
Bellona	28	1 Maart 1854	Luther	Bilk
Amphitrite	29	1 Maart 1854	Marth	London
Urania	30	22 Juli 1854	Hind	London
Enphrosyne	31	2 September 1854	Ferguson	Washington
Pomona	32	26 October 1854	Goldschmidt	Parijs
Polyhymnia	33	28 October 1854	Chacornac	Parijs
Circe	34	16 April 1855	Chacornac	Parijs
Leucothea	35	19 April 1855	Luther	Bilk
Atalante	36	5 October 1855	Goldschmidt	Parijs
Fides	37	5 October 1855	Luther	Bilk
Leda	38	12 Januari 1856	Chacornac	Parijs
Laetitia	39	8 Februari 1856	Chacornac	Parijs
Harmonia	40	31 Maart 1856	Goldschmidt	Parijs
Daphne	41	22 Mei 1856	Goldschmidt	Parijs
Isis	42	25 Mei 1856	Pogson	Oxford
Ariadne	43	15 April 1857	Pogson	Oxford
Nysa	44	27 Mei 1857	Goldschmidt	Parijs
Eugenia	45	26 Juni 1857	Goldschmidt	Parijs
Hestia	46	16 Augustus 1857	Pogson	Oxford
Aglaia	47	15 September 1857	Luther	Bilk
Doris	48	19 September 1857	Goldschmidt	Parijs
Pales	49	19 September 1857	Goldschmidt	Parijs
Virginia	50	4 October 1857	Ferguson	Washington
Nemausa	51	22 Januari 1858	Laurent	Nimes
Europa	52	4 Februari 1858	Goldschmidt	Parijs
Calypso	53	4 April 1858	Luther	Bilk
Alexandra	54	10 September 1858	Goldschmidt	Parijs
Pandora	55	10 September 1858	Searle	Albany
Melete	56	9 September 1859	Goldschmidt	Parijs
Mnemosyne	57	22 September 1859	Luther	Bilk
Concordia	58	24 Maart 1860	Luther	Bilk
Elpis	59	12 September 1860	Chacornac	Parijs

NAMEN.	NUMMER	TIJDSTIP DER ONTDEKKING.	NAAM VAN DEN ONTDEKKER.	PLAATS DER ONTDEKKING.
Echo	60	14 September 1860	Ferguson	Washington
Danaë	61	9 September 1860	Goldschmidt	Parijs
Erato	62	14 September 1860	Förster en Lesser	Berlijn
Ansonia	63	11 Februari 1861	de Gasparis	Napels
Angelina	64	5 Maart 1861	Tempel	Marseille
Cybele	65	9 Maart 1861	Tempel	Marseille
Maja	66	10 April 1861	Tuttle	Cambridge (V. St.)
Asia	67	17 April 1861	Pogson	Oxford
Leto	68	29 April 1861	Luther	Bilk
Hesperia	69	29 April 1861	Schiaparelli	Milaan
Panopaea	70	5 Mei 1861	Goldschmidt	Parijs
Niobe	71	13 Augustus 1861	Luther	Bilk
Feronia	72	29 Mei 1861	Peters	Clinton (V. St.)
Clytia	73	7 April 1862	Tuttle	Cambridge (V. St.)
Galathea	74	29 Augustus 1862	Tempel	Marseille
Eurydice	75	22 September 1862	Peters	Clinton (V. St.)
Freia	76	21 October 1862	d'Arrest	Kopenhagen
Frigga	77	12 November 1862	Peters	Clinton (V. St.)
Diana	78	15 Maart 1863	Luther	Bilk
Eurynome	79	14 September 1863	Watson	Ann Arbor (V. St.)
Sappho	80	2 Mei 1864	Pogson	Madras
Terpsichore	81	30 September 1864	Tempel	Marseille
Alkmene	82	27 November 1864	Luther	Bilk
Beatrice	83	26 April 1865	de Gasparis	Napels
Clio	84	25 Augustus 1865	Luther	Bilk
Io	85	19 September 1865	Peters	Clinton (V. St.)
Semele	86	4 Januari 1866	Tietjen	Berlijn
Sylvia	87	16 Mei 1866	Pogson	Madras
Thiabe	88	15 Juni 1866	Peters	Clinton (V. St.)
Julia	89	6 Augustus 1866	Stephan	Marseille
Antiope	90	1 October 1866	Luther	Bilk
Aegina	91	4 November 1866	Stephan	Marseille
Undina	92	7 Juli 1867	Peters	Clinton (V. St.)
Minerva	93	24 Augustus 1867	Watson	Ann Arbor (V. St.)
Aurora	94	6 September 1867	Watson	Ann Arbor (V. St.)
Arethusa	95	23 November 1867	Luther	Bilk
Aegle	96	17 Februari 1868	Coggia	Marseille
Clotho	97	17 Februari 1868	Tempel	Marseille
Janthe	98	18 April 1868	Peters	Clinton (V. St.)
Dike	99	28 Mei 1868	Borelly	Marseille
Hecate	100	11 Juli 1868	Watson	Ann Arbor (V. St.)
Helena	101	13 Augustus 1868	Watson	Ann Arbor (V. St.)
Miriam	102	22 Augustus 1868	Watson	Ann Arbor (V. St.)
Hera	103	7 September 1868	Watson	Ann Arbor (V. St.)
Clymene	104	13 September 1868	Watson	Ann Arbor (V. St.)
Artemis	105	16 September 1868	Watson	Ann Arbor (V. St.)
Dione	106	10 October 1868	Watson	Ann Arbor (V. St.)
Camilla	107	17 November 1868	Pogson	Madras
Hebe	108	2 April 1869	Luther	Bilk
Felicitas	109	9 October 1869	Peters	Clinton (V. St.)
Lydia	110	19 April 1870	Borelly	Marseille
Ate	111	14 Augustus 1870	Peters	Clinton (V. St.)
Iphigenia	112	19 September 1870	Peters	Clinton (V. St.)
Amalthea	113	12 Maart 1871	Luther	Bilk
Cassandra	114	23 Juli 1871	Peters	Clinton (V. St.)
	115	6 Augustus 1871	Watson	Ann Arbor (V. St.)
	116	8 September 1871	Peters	Clinton (V. St.)
Lomia	117	12 September 1871	Borelly	Marseille

Opmerking. De thans gebruikelijke merkteekens voor de kleine planeten zijn kleine cirkels met een nummer daarin, hetwelk uitdrukt het getal der planeten, dat ontdekt was tijdens de ontdekking der gemerkte planeet.

Elementen der loopbanen van de kleine planeten.

N A A M VAN DE PLANEEET.	LENGTE VAN HET PERIHELUM.	LENGTE VAN HET KLIMMENDE KNOOP.	HELLING DER BAAN TEN OPZICHTE VAN DE ECLIPTICA.	HAFTE GROOTTE AN VAN DE LOOPBAAN.	EXCENTRICITEIT.	SIDERISCHE OM- LOOPTIJD (JAAR 365 $\frac{1}{4}$ DAG).	N A A M VAN DE PLANEEET.	LENGTE VAN HET PERIHELUM.	LENGTE VAN HET KLIMMENDE KNOOP.	HELLING DER BAAN TEN OPZICHTE VAN DE ECLIPTICA.	HAFTE GROOTTE AN VAN DE LOOPBAAN.	EXCENTRICITEIT.	SIDERISCHE OM- LOOPTIJD (JAAR 365 $\frac{1}{4}$ DAG).
Ceres	148.7	80.7	10.6	2.768	0.076	j. d.	Echo	98.6	192.1	3.6	2.393	0.185	j. d.
Pallas	121.7	172.8	34.7	2.770	0.239	4 223	Danaë	342.0	334.2	18.3	2.986	0.161	5 58
Juno	55.0	170.9	13.0	2.667	0.258	4 130	Erato	37.1	125.8	2.2	3.131	0.170	5 197
Vesta	250.0	103.5	7.1	2.361	0.089	3 229	Ansonia	269.3	338.1	5.8	2.395	0.125	3 258
Astraea	134.7	141.4	5.3	2.579	0.187	4 52	Angelina	123.6	311.2	1.3	2.681	0.128	4 142
Hebe	15.3	138.7	14.8	2.425	0.202	3 284	Cybele	259.5	158.9	3.5	3.420	0.120	6 119
Iris	41.4	259.8	5.5	2.386	0.231	3 251	Maja	44.4	8.3	3.1	2.651	0.158	4 116
Flora	32.9	110.3	5.9	2.201	0.157	3 97	Asia	306.1	202.7	6.0	2.422	0.185	3 281
Metis	71.1	68.5	5.6	2.387	0.123	3 251	Leto	345.1	44.9	8.0	2.781	0.188	4 232
Hygiea	237.2	286.1	3.8	2.154	0.105	5 220	Hesperia	169.0	187.1	8.5	2.975	0.172	5 48
Porthenope	317.0	135.2	4.6	2.432	0.098	3 299	Panopaea	299.8	48.3	11.6	2.613	0.184	4 208
Victoria	301.7	235.6	8.4	2.334	0.219	2 907	Niohe	221.8	316.2	23.3	2.754	0.175	4 802
Egeria	120.2	43.2	16.5	2.577	0.087	4 50	Feronia	308.0	207.8	5.4	2.266	0.120	3 150
Irene	179.8	86.7	9.1	2.589	0.164	4 61	Clytia	59.7	7.6	2.4	2.665	0.044	4 128
Eunomia	27.9	293.9	11.7	2.644	0.187	4 109	Galathea	7.2	197.9	4.0	2.781	0.237	4 233
Psyche	15.8	150.6	3.1	2.921	0.136	4 363	Eurydice	334.4	0.0	5.0	2.670	0.307	4 132
Thetis	261.0	125.4	5.6	2.475	0.127	3 327	Freia	93.4	213.2	2.0	3.388	0.188	6 86
Melpomene	15.1	150.1	10.2	2.296	0.218	3 175	Frigga	58.5	2.2	2.5	2.674	0.136	4 136
Fortuna	30.5	211.4	1.5	2.441	0.158	3 297	Diana	121.4	334.0	8.6	2.621	0.206	4 89
Massalia	99.2	260.5	0.7	2.409	0.143	3 270	Euryome	44.2	206.7	4.6	2.444	0.193	3 300
Lutetia	327.1	80.5	3.1	2.435	0.162	3 292	Sappho	355.2	218.6	8.6	2.296	0.200	3 175
Calliope	59.0	66.6	13.7	2.911	0.099	4 353	Terpsichore	48.5	2.5	7.9	2.854	0.211	4 300
Thalia	123.5	67.6	10.2	2.631	0.230	4 98	Alkmene	131.9	26.9	2.9	2.764	0.220	4 217
Themis	142.8	35.8	0.8	2.139	0.123	5 205	Beatrix	192.4	27.5	5.0	2.431	0.086	3 288
Phocaea	303.0	214.1	21.6	2.401	0.245	3 263	Clio	339.3	327.4	9.4	2.362	0.236	3 230
Proserpina	236.4	45.9	3.6	2.656	0.087	4 120	Io	322.6	203.9	11.9	2.654	0.191	4 118
Euterpe	88.0	93.8	1.6	2.348	0.172	3 218	Semele	28.9	87.9	4.8	3.112	0.210	5 179
Bellona	122.7	144.6	9.4	2.775	0.154	4 228	Sylvia	537.0	76.4	10.8	3.494	0.082	6 194
Amphitrite	56.4	356.7	6.1	2.525	0.074	4 30	Thïsbe	308.7	277.8	5.2	2.769	0.165	4 222
Urania	31.6	308.2	2.1	2.366	0.128	5 234	Julia	355.2	311.6	16.2	2.550	0.180	4 326
Euphrosyne	93.6	31.5	26.5	3.151	0.221	5 217	Antiope	392.9	71.3	2.3	3.137	0.173	5 203
Pomona	193.4	220.7	5.5	2.587	0.083	4 59	Argina	68.9	11.7	2.2	2.492	0.066	3 341
Polyhymnia	312.6	9.1	1.9	2.863	0.549	4 308	Urania	331.2	102.7	9.9	3.185	0.102	5 249
Circæ	149.4	184.9	5.4	2.686	0.108	4 147	Minerva	275.0	5.1	8.6	2.754	0.141	4 298
Leucodæ	202.2	355.7	8.2	2.939	0.222	5 65	Aurora	45.4	4.6	8.1	3.162	0.089	5 227
Atalante	42.7	359.2	18.7	2.745	0.302	4 200	Arcthusa	30.2	244.4	12.9	3.071	0.147	5 139
Fides	65.7	8.3	3.1	2.642	0.175	4 168	Aegle	164.3	322.9	16.1	3.054	0.140	5 123
Leda	100.7	296.4	7.0	2.741	0.152	4 197	Clotho	65.8	166.6	11.8	2.669	0.258	4 132
Lætitia	2.4	157.4	10.4	2.770	0.113	4 219	Janthe	147.7	354.3	15.5	2.685	0.189	4 145
Harmonia	0.9	93.6	4.3	2.267	0.047	3 151	Dike	239.2	41.6	14.0	2.834	0.243	4 281
Daphne	220.2	179.1	16.0	2.759	0.271	4 213	Heeste	307.8	128.4	6.4	3.096	0.156	5 164
Isis	318.0	84.5	8.6	2.440	0.226	3 297	Helena	328.7	343.6	10.1	2.573	0.139	4 46
Ariadne	277.8	264.6	3.5	2.203	0.168	3 99	Miriam	354.7	211.6	5.1	2.661	0.255	4 124
Nysa	112.1	131.1	3.7	2.422	0.151	3 281	Hera	321.9	136.3	5.4	2.703	0.081	4 162
Eugenia	222.9	148.1	6.6	2.721	0.082	4 176	Clymene	62.2	43.8	2.9	3.180	0.197	5 245
Hestia	354.2	181.5	2.3	2.526	0.164	4 6	Artemis	242.6	187.9	21.6	2.380	0.176	3 245
Aglaia	313.2	4.2	5.0	2.878	0.134	4 322	Dione	27.2	63.2	4.6	3.162	0.183	5 237
Doris	73.4	185.2	6.5	3.108	0.076	5 175	Camilla	175.1	352.3	4.4	3.213	0.100	5 277
Pales	31.7	290.6	3.1	3.082	0.237	5 150	Hebea	55.9	4.9	8.0	2.694	0.300	4 154
Virginia	16.0	173.5	2.8	2.652	0.284	4 116	Felicitas	357.5	57.1	6.0	2.693	0.081	4 153
Neaussia	175.5	175.7	10.0	2.906	0.065	3 233	Lydia	122.9	306.4	5.0	2.576	0.101	4 48
Europa	106.3	129.8	7.4	3.099	0.105	5 167	Ate	337.7	324.1	2.6	2.436	0.126	3 293
Calypso	92.4	144.0	5.5	2.621	0.204	4 89	Iphigenia	196.5	128.1	5.0	2.372	0.086	3 239
Alexandra	294.3	313.8	11.8	2.709	0.199	4 168	Amalthæa	148.5	163.9	5.0	2.661	0.154	4 124
Pandora	10.5	10.9	7.2	2.761	0.145	4 215	Cassandra	147.0	65.8	3.5	2.780	0.130	4 262
Melete	293.7	194.5	8.0	2.597	0.236	4 68	(115)	48.4	349.5	15.0	2.992	0.023	5 61
Mnemosyne	53.9	200.1	15.2	3.155	0.109	5 221	(116)						
Concordia	189.2	161.3	5.0	2.700	0.043	4 158	Lomia						
Elpis	18.3	170.3	8.6	2.713	0.117	4 171							

6) Jupiter

is de grootste planeet van ons zonnestelsel. Haar gemiddelde afstand van de zon bedraagt 104,2 miljoen mijlen, de excentriciteit van hare loopbaan bijna $\frac{1}{16}$ en daarom bedraagt de kortste afstand 99,2 miljoen, de grootste 109,2 miljoen mijlen.

De tropische omlooptijd is 41 jaren, 312 dagen, 20 uren, 14 minuten, de synodische 4 jaar, 33 dagen, 15 uren.

Jupiter is op Mars na de helderste ster en haar licht is bij hare middelbare oppositie tien malen sterker dan dat van Capella en 5,472,000,000 malen zwakker dan dat van de zon. Jupiter kaast 62 procent van het licht, dat zij van de zon ontvangt, terug. De hoeveelheid zonlicht en zonnewarmte is op haar gemiddeld 27 malen geringer dan op onze aarde.

Haar afstand tot de aarde verschilt van 78.8 mill. tot 129.6 mill. mijlen, en dus hare schijnbare aequatoriale middellijn van 50',7 tot 30',8. De ware middellijn aan den aequator is 49,380 mijlen en de afplatting $\frac{1}{16}$.

Haar inhoud is 1300 malen grooter dan die van de aarde, de massa naar Bessel $1\frac{31}{100}$ en de dichtheid 0,233 vergeleken bij die van de aarde. Een lichaam, dat op de aarde 1 pond zwaar is, weegt op de oppervlakte van Jupiter 1,6 ponden.

Op hare oppervlakte ziet men met een kijker in de nabijheid van den aequator verscheidene strepen, die, naar men veronderstelt, in den dampkring van Jupiter ontstaan, en wel omdat zij dikwijls van vorm veranderen. Ook ziet men dikwijls vlakken op de schijf van Jupiter en men heeft bevonden, dat zij zich in 9 uren, 55 min., 27 sec. om hare as wentelt; de helling van haren aequator ten opzichte van hare loopbaan bedraagt niet meer dan 3° 26'.

Het spectrum van Jupiter heeft overeenkomst met dat van de zon, doch men heeft in de roode en gele deelen eenige donkere strepen opgemerkt, die aan den dampkring van Jupiter moeten worden toegeschreven.

Zij wordt begeleid door vier manen, die in 1610 door Galilei ontdekt zijn en wier verduisteringen Olaf Römer leidden tot de ontdekking van de snelheid van het licht.

Op Plaat 7 is in fig. 5 Jupiter voorgesteld, zooals zij op den 13^{den} Augustus 1867 in het aequatoriaal van Leipzig is gezien, op eene grootte van $\frac{1}{330000}$. Men ziet duidelijk daarop zoowel hare afplatting als de banden aan den aequator.

7) Saturnus

is gemiddeld 191,1 mill. mijlen van de zon verwijderd, en zij kan, omdat de excentriciteit van de loopbaan bij $\frac{1}{16}$ bedraagt, tot op 180,4 mijlen naderen en zich tot op 201,8 miljoen mijlen verwijderen.

De tropische omlooptijd bedraagt 29 jaren, 154 dagen, 16 uren, 30 min., de synodische 4 jaar, 12 dagen, 20 uren.

Gedurende hare middelbare oppositie en zonder ring is zij 0,43 malen zwakker dan Capella en 131,000,000 malen zwakker dan de zon. Zij kaast 50 procent van het licht terug, dat zij van de zon ontvangt. Het zonlicht en de warmte is voor haar 91 malen minder dan voor de aarde.

Haar afstand tot de aarde kan van 160 mill. tot 222 mill. mijlen veranderen, hare schijnbare aequatoriale middellijn van 21',5 tot 15',5. De ware middellijn aan den aequator bedraagt 16680 mijlen, de afplatting $\frac{1}{10}$, de lichamelijke ruimte het $\frac{770}{10000}$ de van het volume onzer aarde, en omdat de massa $\frac{1}{330000}$ deel van die der zon is, is de gemiddelde dichtheid 0,12 vergeleken bij die der aarde. Een gewicht van 1 pond op de aarde weegt op de oppervlakte van Saturnus dus 1,1 pond.

Uit vele op Saturnus opgemerkte strepen en vlakken heeft men de wenteling om hare as bepaald en daarvoor gevonden 10 uren, 29 min., 17 sec.

Saturnus is merkwaardig door een stelsel van concentricke ringen, die haar omgeven; men onderscheidt twee hoofdringen, die de volgende afmetingen hebben:

Uitwendige middellijn van den buitensten ring	36900 mijlen.
Inwendige " " " " " "	32500 "
Breedte " " " " " "	2200 "
Uitwendige middellijn van den binnensten ring	31700 "
Inwendige " " " " " "	24500 "
Breedte " " " " " "	3600 "
Afstand van den binnenring tot de oppervlakte van Saturnus	3910 "
Breedte van beide ringen te zamen	6200 "

Behalve deze hoofdringen heeft men in den nieuweren tijd nog een inwendigen, bijna donkeren ring ontdekt, welke min of meer doorschijnend schijnt te zijn. Naar het schijnt, worden de hoofdringen nog in vele concentricke ringen gescheiden. De dikte van den ring wordt naar onderscheidene metingen gesteld op 39 mijlen. Omdat de ring ten opzichte van het vlak der loopbaan helt, en in de ruimte altijd denzelfden stand behoudt, zien wij hem gedurende een omloop in verschillende elliptische vormen; somtijds zoo breed, dat de kogel geheel in hem ligt, dan weder smaller en smaller worden totdat hij zulk eene geringe afmeting heeft verkregen, dat men met den meest vermogenen kijker alleen nog eene zeer fijne lichtstreep bespeuren kan. Sommigen meenen, dat de ring het lichaam van Saturnus nadert en dat de planeet zelve niet in het middelpunt van den ring geplaatst is.

In het spectrum herkent men weder het spectrum van de zon, echter met eene menigte af-

sorptiestrepen, waaruit men meent te mogen afleiden, dat de planeet voorzien is van een dampkring, die veel waterdamp bevat.

Saturnus heeft acht wachters, waarvan er eenige eerst in deze eeuw ontdekt zijn.

Plaat 7, fig. 6, 7, 8 en 9 stelt Saturnus voor op een $\frac{1}{800000000000}$ der natuurlijke grootte, zooals men haar op den 10 December 1850, op den 27 November 1855, op den 23 Januari 1849 en op den 8 Mei 1868 gezien heeft. De afplatting van den kogel en de strepen zijn gemakkelijk te herkennen, de beide hoofdringen en de donkere ring zijn eveneens in fig. 6, 7 en 9 te zien, terwijl fig. 7 ook de veelvuldige verdeling der beide hoofdringen vertoont. Fig. 8 stelt Saturnus voor in den stand, waarbij de ring het smalst voor ons en nog even zichtbaar is.

8) Uranus

was den Ouden niet bekend en werd eerst als planeet 13^{de} Maart 1781 door William Herschel herkend. Haar gemiddelde afstand van de zon is 384.3 mill. mijlen, de grootste 402.2 mill., de kleinste 366.4 mill. mijlen, omdat de excentriciteit van de loopbaan $\frac{1}{3}$ bedraagt.

De tropische omlooptijd bedraagt 83 jaren 271 dagen 11 uren, de synodische 1 jaar 4 dagen 7 uren.

Met het ongewapend oog kan men Uranus alleen dan vinden, als men hare plaats tamenlijk nauwkeurig kent, want zij gelijkt eene ster van de zesde grootte, is 160 malen zwakker dan Capella en 8 $\frac{1}{2}$ biljoenen malen zwakker dan de zon; zij kaatst 64 procent van het licht, dat zij van de zon ontvangt, terug. Licht en warmte zijn op hare oppervlakte 368 malen minder dan op de aarde.

De gemiddelde afstand tot de aarde verschilt van 346 tot 423 mill. mijlen en de schijnbare middellijn van 3.9 tot 4.7. De ware middellijn is nagenoeg 8000 mijlen, haar inhoud 90 malen grooter dan die van de aarde, en omdat de massa op $\frac{1}{45000}$ geschat wordt, is de gemiddelde dichtheid 0.17. Een lichaam van 1 pond gewicht op de aarde weegt dus op Uranus 0.7 pond.

In het spectrum onderscheidt men vele zwarte strepen in het groenblauw, buitendien is er eene gaping in het geel en oranje en alleen in het rood vertoont zich weder enig licht.

Met zekerheid kent men bij Uranus vier manen, die zich bijna loodrecht op de vlakte van hare loopbaan bewegen; daaruit heeft men afgeleid, dat ook de wentelingsas van Uranus bijna in het vlak van hare loopbaan liggen moet.

9) Neptunus.

Reeds Bouvard bevond uit de storingen, welke de planeten op elkander uitoefenen, dat de beweging van Uranus zich niet verklaren liet uit den invloed der toenmaals bekende lichamen, en het vermoeden, dat er nog eene planeet, verder dan Uranus van de zon verwijderd, aanwezig moest zijn, werd meermalen, onder anderen ook door Bessel, uitgesproken. Leverrier te Parijs, alsmede geheel onafhankelijk van hem Adams te Cambridge (Engeland), berekenen het bestaan van eene zoogenaamde transuranische planeet. Nadat Leverrier het eerst de uitkomst zijner berekeningen in het jaar 1846 bekend had gemaakt en vele sterrenkundigen uitgenoodigd had om de planeet op te zoeken, werd zij op den 23 September 1846 door Galle te Berlijn ontdekt en verkreeg zij later den naam Neptunus.

Spoedig bemerkte men, dat de nieuwe planeet in vroegeren tijd reeds eenige malen als vaste ster was waargenomen, en daardoor is de bepaling van hare loopbaan reeds nu met vrij groote zekerheid mogelijk geworden.

De gemiddelde afstand van Neptunus tot de zon is 602.5 mill. mijlen, de grootste 607.6 mill., de kleinste 597.4 mill. mijlen, de excentriciteit van hare loopbaan $\frac{1}{10}$.

De tropische omlooptijd bedraagt 163 jaren 270 dagen, de synodische 1 jaar 2 dagen 5 uren.

De helderheid van Neptunus komt overeen met die van eene ster der 8^{ste} grootte, zij is 1430 zwakker dan Capella, en nagenoeg 80 bill. malen zwakker dan de zon, terwijl zij 904 malen minder licht en warmte van de zon ontvangt dan de aarde. Haar spectrum is nagenoeg gelijk aan dat van Uranus.

De gemiddelde afstand van de aarde verschilt van 580 mill. tot 623 mill. mijlen, de schijnbare middellijn van 2.4 tot 2.7, de ware middellijn is 7400 mijlen, hare lichamelijke inhoud is 80 malen grooter dan die van de aarde; omdat men hare massa stelt op $\frac{1}{14000}$, bedraagt hare gemiddelde dichtheid 0.28, en een lichaam, dat op de aarde 1 pond weegt, is op Neptunus 0.8 pond zwaar.

Wij weten nog niets aangaande hare wenteling; het bestaan van een ring, dien men gezien zoude hebben, is niet bevestigd, maar wel heeft men bij haar met zekerheid een wachter herkend en vermoedt men nog het bestaan van een tweeden.

Elementen der hoofdplaneten.

Op Plaat 4 stelt fig. 4 de verhouding der grootten van de planeten met betrekking tot elkander voor. Bij 2c bovenaan in den hoek aan de linkerzijde, ziet men een zeer klein schijfje,

dat Mercurius $\frac{1}{8}$ voorstelt; daarboven een, namelijk Venus $\frac{1}{2}$; in den hoek rechts aan de bovenzijde bij 2d staat eene kleine schijf, welke de Aarde $\frac{1}{1}$, en daaronder een schijfje dat Mars $\frac{1}{4}$ voorstelt. Bij 2b rechts onderaan ziet men de groote schijf Jupiter $\frac{1}{2}$ voorstellende, bij 2a links onderaan Saturnus $\frac{1}{8}$, eindelijk bij 2c bovenaan Uranus $\frac{1}{8}$ en bij 2d bovenaan Neptunus $\frac{1}{8}$. Overal is dezelfde maatstaf genomen: 75,000,000,000. In fig. 6 is in denzelfden maatstaf door eene rechte lijn de middellijn van de zon aangegeven, omdat voor de geheele schijf de ruimte ontbrak.

Omdat in fig. 1 de planeten Uranus en Neptunus niet in het zonnestelsel opgenomen konden worden, zijn in fig. 5 op $\frac{1}{10}$ bill. der ware grootte de afstanden der groote planeten van de zon langs eene rechte lijn aangegeven; onmiddellijk onder de streep voor de zon is die voor Mercurius, dan volgen die voor Venus, de Aarde, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus en eindelijk die voor Neptunus. De elementen der hoofdplaneten zijn in de volgende tabel vermeld.

NAMEN.	MIDDELBARE LENGTE VOOR JAANUAR 1850.	LENGTE VAN HET PEEU- HELIUM.	LENGTE VAN DEN KLIP- PEREN KNOOP.	HELLING VAN DEN KLIP- PEREN KNOOP OPZICHT VAN DE ECLIPTICA.	HALVE GROOTTE AN.	EXCENTRICI- TEIT.	SIDERISCHE OMLOOPTIJD IN DAGEN.	MASSA.
Mercurius	327 15.3	75 7.2	46 33.1	7 0.1	0.38710	0.20560	87.96926	$\frac{1}{4300000}$
Venus	245 33.2	129 27.2	75 19.9	3 23.6	0.72333	0.00684	224.70079	$\frac{1}{410000}$
De Aarde	100 46.7	100 21.4	100 00.0	0 00.0	1.00000	0.01677	365.25636	$\frac{1}{330000}$
Mars	83 40.5	333 17.9	48 23.9	1 51.0	1.52369	0.09326	686.97979	$\frac{1}{2900000}$
Jupiter	160 1.3	11 54.9	98 54.3	1 18.7	5.20280	0.04824	4332.5848	$\frac{1}{1000000}$
Saturnus	14 50.7	90 6.2	112 21.7	2 29.5	9.53883	0.05600	10759.2198	$\frac{1}{350000}$
Uranus	28 26.7	168 16.8	73 14.2	0 46.5	19.18264	0.04658	30686.8298	$\frac{1}{45000}$
Neptunus	325 5.7	43 17.5	139 7.5	1 47.0	30.07055	0.00850	60186.636	$\frac{1}{140000}$

c) De wachters of manen.

Niet al de planeten hebben wachters, de Aarde heeft er 1, Jupiter 4, Saturnus minstens 8, Uranus minstens 4, Neptunus minstens 1.

Voor ons heeft de maan der Aarde groote betekenis, en van haar weten wij het meest, wijl zij het meest nabij ons gelegen hemellichaam is, terwijl wij van de manen van Jupiter weinig en van de manen der andere planeten alleen de loopbaan kennen.

1) De maan der Aarde.

Haar gemiddelde afstand van de aarde is bijna $\frac{1}{310}$ van dien der aarde tot de zon en wordt aangenomen 51805 mijlen te bedragen. De grootste afstand kan 54650 mijlen zijn, de kleinste niet minder dan 48960 mijlen en de excentriciteit van hare loopbaan is bijna $\frac{1}{10}$.

De siderische omlooptijd van de maan om de aarde bedraagt 27 dagen, 7 uren, 43 min., 11.5 sec., de tropische 27 dagen, 7 uren, 43 min., 4.7 sec., de synodische (gemiddeld de tijd van nieuwe maan tot nieuwe maan of van volle maan tot volle maan) 29 dagen, 12 uren, 44 min., 2.9 sec., de anomalistische (de tijd, dien zij noodig heeft om van den eenen kortsten afstand tot de aarde tot den volgenden te komen) 27 dagen, 13 uren, 18 min., 37.4 sec. en eindelijk de tijd, dien zij gebruikt, om van den eenen klimmenden knoop tot den eerst volgenden te komen, 27 dagen, 5 uren, 5 min., 45.9 sec.

De synodische omlooptijd van de lijn der knopen bedraagt 346 dagen, 14 uren, 52 min., 35 sec.; men maakt daarvan gebruik bij de berekening van verduisteringen.

De helling van de loopbaan der maan ten opzichte van de ecliptica bedraagt tegenwoordig 5° 8' 40" en is aan kleine saeculaire storingen onderworpen.

De grootste periodieke storingen der lengte van de maan en hare loopbaan dragen de namen van Evectie, Variatie en Jaarlijkse vereffening (zie Natuurkundige Sterrenkunde).

De schijnbare middellijn van de maan bij haren gemiddelden afstand bedraagt 31' 8.4"; zij neemt toe tot 32' 51" en af tot 29' 26"; de ware middellijn is 409.2 mijlen, de lichamelijke inhoud der maan $\frac{1}{50}$ van dien onzer aarde, en omdat hare massa $\frac{1}{8000}$ van die der aarde bedraagt, is hare dichtheid vergeleken bij die der aarde 0.62. Een lichaam, dat op de aarde 1 pond zwaar is, weegt op de maan niet meer dan $\frac{1}{8}$ pond.

De helling van den aequator der maan ten opzichte van de ecliptica bedraagt niet meer dan 1° 28', en de omwentelingstijd van de maan om hare as is juist gelijk aan den gemiddelden omlooptijd van de maan om de aarde. Hieruit vloeit voort, dat zij ons altijd dezelfde zijde toekent, en de kleine onregelmatigheden, welke in dit opzicht plaats hebben, zijn in de sterrenkunde bekend onder den naam van Libratie (zie Natuurkundige Sterrenkunde).

Wij kennen de natuurkundige gesteldheid van de maan, wegens hare nabijheid, beter dan die der andere hemellichamen. Met het gewapend oog zien wij op hare oppervlakte bergen en dalen, onderscheiden duidelijk de schatuwen der bergen en uit de lengte der schaduwen kun-

nen wij de hoogte der bergen berekenen. De maanbergen bezitten een eigenaardig voorkomen: meestal bestaan zij uit ringgebergten, in wier midden zich eene groote vlakte bevindt, uit wier middelpunt zich bij vele eene kegelvormige berg verheft. Hun voorkomen is dus geheel vulkanisch, zoodat men ze dan ook houdt voor uitgebrande kraters. Zeeën (hoewel groote uitgestrekte vlakten de namen van zeeën (Mare) dragen) heeft men in het geheel niet kunnen ontdekken, en daar de maan ons bovendien overal even helder verlicht toeschijnt en nergens in de geringste mate nevelachtig, schijnen aldaar geene wolken aanwezig te kunnen zijn. Omdat men ook niets bespeurt van eene schemering en ook andere kentekenen van een dampkring gemist worden, kan zoodanige dampkring, indien hij werkelijk bestaan mocht, slechts van geringe hoogte en zeer ijl zijn.

De helderheid van de maan neemt van nieuwe maan tot volle maan toe en dan weder af, maar deze toe- en afnemings is niet gelijkmatig. De toeneming der helderheid geschiedt anders dan de afnemings, hetgeen veroorzaakt wordt door de vlakken, die wij op de oppervlakte der maan zien. Kort voor volle maan neemt de helderheid zeer snel af en even zoo snel neemt zij weder toe na de volle maan. De waargenomen lichtveranderingen kan men volledig verklaren, als men aanneemt, dat de geheele oppervlakte als met kegelvormige bergen overdekt is.

De gemiddelde helderheid der volle maan is 620000 malen geringer dan de gemiddelde helderheid van de zon, zij is 90000 malen grooter dan die van eene ster der eerste grootte, hebbende de helderheid van Capella. Het terugkaatsend vermogen van de maan is nog geringer dan dat van Mars, zij zendt niet meer dan 17 % van de ontvangene hoeveelheid licht terug.

Het spectrum van de maan is volmaakt gelijk aan dat van de zon, en ook daaruit leidt men de gevolgtrekking af, dat de maan geen dampkring heeft.

Over natuurkundig leven op de maan, zooals op onze aarde, weten wij niets. Het is nog niet met zekerheid aangetoond, dat er veranderingen op de oppervlakte van de maan plaats hebben, hoewel eenige sterrenkundigen meenen bemerkt te hebben, dat de krater, genaamd Linnaeus, van vorm veranderd is.

Op Plaat 5, fig. 3 ziet men hoe, uit de aarde gezien, de maan gedurende haren omloopstijd verschillend verlicht wordt, en hare schijngestalten (phasen) gevormd worden. De zon wordt verondersteld op een grooten afstand aan de rechterzijde te staan, de verlichting aan de maan wordt voorgesteld in den buitensten kring, en de daaruit ontstaande schijngestalten der maan ziet men in den binnensten kring. Men ziet, dat bij nieuwe maan de maan ons hare donkere zijde, bij eerste en laatste kwartier de helft van de donkere en van de verlichte zijde, bij volle maan daarentegen de geheel verlichte zijde toekent. Men ziet ook in deze figuur, dat gedurende nieuwe maan de geheele verlichte zijde van de aarde op de maan zichtbaar is, en men zal gemakkelijk kunnen begrijpen, dat voor de maanbewoners, zoo zij mochten bestaan, de aarde geheel dezelfde schijngestalten, alleen in omgekeerde volgorde, vertoont, die wij bij de maan waarnemen. Het licht van de aarde bemerken wij, als de maan bijna nieuw is, zeer duidelijk aan hare oppervlakte, daar het door de zon niet verlichte gedeelte der maan zich aan ons vertoont in een mat aschkleurig licht, dat zoo helder is, dat zelfs enkele bergen van de maan daarbij duidelijk onderscheiden kunnen worden.

Op Plaat 12 stelt fig. 3 de ware loopbaan van de maan voor. Zij is een epicycel, omdat de maan bij het volbrengen van haren omloop om de aarde tevens met de aarde zich om de zon beweegt. Daar de afstand van de maan tot de aarde vergeleken bij haren afstand tot de zon zeer gering is, is de kromme lijn, welke de maan beschrijft, steeds met hare holle zijde naar de zon gekeerd, en hoewel in onze figuur de afstand van de maan tot de aarde nog tien malen te groot moest worden aangenomen, kan men toch den vorm van de ware baan onderkennen. Het voorstellen van de baan door eene strikvormige lijn, of door zoogenaamde slangvormige lijnen, lijnen welke nu hare bolle dan weder hare holle zijde naar de zon keeren, is onjuist.

In fig. 4 op Plaat 12 stelt EE' de ecliptica (de baan van onze aarde) voor, terwijl MEM de baan der maan, welke ten opzichte van de ecliptica 5° 8' 40" helt, beteekent.

Plaat 6 geeft eene afbeelding van de maan, zooals zij in een goeden kijker gezien wordt, als zij vol is. De afbeelding is deels vervaardigd naar de bekende maankaart van Beer en Mädler, deels naar photographien van de maan en gedeeltelijk naar eigene beschouwing. Zij stelt de maan voor, zooals men haar in een sterrenkundigen kijker ziet, dus omgekeerd, zoodat onder het noorden, boven het zuiden, rechts het oosten en links het westen ligt.

De voornaamste bergen op de maan vertoonen zich aan ons als heldere vlakken, bij de meeste kan men duidelijk een ronden wal onderscheiden, welke nu eens eene groote dan weder eene kleinere ruimte omsluit. De groote vlakken noemt men walvlakten, de kleine kraters. Bijna al de overige talrijke ringgebergten omsluiten een centraalberg. Op zichzelf staande bergruggen heeft men de namen gegeven van gebergten op de aarde: b. v. de Kaukasus, de Appenijnen, de Alpen. De groote grauwe vlakken noemt men zeeën, hoewel zij, wegens het niet bestaan van een dampkring, wel geene zeeën zullen zijn; de benamingen Mare Serenitatis, Mare Imbrium, Mare Tranquillitatis zijn meest alle spoedig na de invoering der kijkers door de sterrenkundigen, welke de maan beschouwden en afbeeldde, gekozen.

Bij sommige bergen op de maan ziet men straalsgewijs uitlopende lichtstrepen. Ook nog

smalle groeven of ribben, welke rechtlijnig door vlakten, hier en daar ook door bergstreken heen gaan.

De namen der bergen op de maan zijn op de Plaat voor de afzonderlijke quadranten gegeven en de namen van bereende geleerden daarin vereeuwigd; de daarnevens staande getallen be- tekenen de hoogte der bergen boven de omgeving, in meters uitgedrukt, terwijl zij bijna alle uit de lengte der schaduwen bepaald zijn. De hoogste berg is meer dan 7000 meters hoog en heeft alzoo nagenoeg dezelfde hoogte als de hoogste bergen van onze aarde. Betrekkelijk is hij alzoo viermalen hooger, omdat de middellijn van de maan viermalen kleiner is dan die der aarde.

Op Plaat 7 geven fig. 3 en 4 eenige landschappen in de maan, zooals zij zich in een ver- mogenden kijker, voorzien van eene niet sterk vergrootende oogbuis, vertoonen. De in fig. 3 aan de rechterzijde en in fig. 4 aan de linkerzijde gelegene zwarte gedeelten zijn schaduwen, welke de ringgebergten op de omgeving werpen. Bijzonder merkwaardig is vooral de afbeelding in fig. 4, welke het landschap Kopernicus op de maan voorstelt en als een der schoonste bekend staat.

De Verduisteringen

worden door de maan teweeg gebracht en nemen onder de sterrenkundige verschijnselen eene voorname plaats in. Het kegelvormig lichaam der maan werpt hare schaduw in eene richting van de zon afgekeerd, en wel eene kernschaduw en eene bijschaduw; de kernschaduw is vol- komen duister, bijna van alle zonnelicht beroofd, de bijschaduw wordt echter, van de kern- schaduw uitgaande, meer en meer lichtgevend. De lengte van de kernschaduw verandert met den afstand van 49376 tot 51083 mijlen, en als de maan tusschen de zon en de aarde komt, kan dus de kernschaduw de aarde raken en op die landstreken, die binnen de schaduw lig- gen en voor welke de geheele zonneschijf bedekt is, heeft men het verschijnsel van eene totale zonsverduistering, terwijl in de landstreken, die door de bijschaduw getroffen worden, eene gedeeltelijke zonsverduistering gezien wordt; raakt de kernschaduw de aarde niet dan is de zon niet geheel bedekt. In de landstreken, waarboven zich de schaduw bevindt, zal een smalle rand van de zonneschijf zichtbaar blijven en een ringvormige zonsverduistering plaats heb- ben. Een totale zonsverduistering kan niet langer duren dan omtrent 8 minuten, een ringvor- mige 12½ minuut.

Evenals de maan werpt ook de aarde hare schaduw in de ruimte, welke naar gelang van den afstand tot de zon tusschen 182408 en 188640 mijlen lang is. De maan kan bij hare be- weging om de aarde in deze schaduw komen, en omdat hare middellijn, ter plaatse waar de maan intreedt, nog 1230 mijlen, dus bijna driemaal zoo groot als de middellijn van de maan is, kan wederom de maan geheel of gedeeltelijk verduisterd worden; ringvormige maans- verduisteringen kunnen echter niet plaats hebben. In het eerste geval noemt de maansverduis- tering totaal, in het laatste gedeeltelijk.

Indien de loopbaan van de maan in de vlakke van de Ecliptica lag, zoude bij iedere nieuwe maan eene zonsverduistering en bij iedere volle maan eene maansverduistering plaats hebben. Wegens de helling der maansloopbaan zijn die verduisteringen zeldzamer. Het aantal verduis- teringen in een jaar kan echter nooit minder dan twee en nooit meer dan zeven bedra- gen. Zijn het er slechts twee, dan zijn het altijd zonsverduisteringen, omdat de knoopen der maan in 18 jaren en 11 dagen eene geheele omwenteling volbrengen, keeren binnen dit tijd- vak van 223 maansmaanden de verduisteringen op weinige uitzonderingen na in dezelfde volg- orde terug, en in dit tijdvak hebben 70 verduisteringen, en wel 29 maans- en 41 zonsverduis- teringen plaats.

De maansverduisteringen worden door alle bewoners der aarde gelijktijdig gezien, het be- gin en het einde heeft overal plaats op denzelfden volstrekten tijd, terwijl de zonsverduisterin- gen (eigentlich gezegd aardverduisteringen) alleen gelijktijdig gezien kunnen worden op enkele deelen van de aarde en op verschillende tijden waargenomen worden.

Hoewel het aantal zonsverduisteringen grooter is dan dat der maansverduisteringen, hebben zij toch voor eene en dezelfde plaats, vooral de totale zonsverduisteringen; uiterst zelden plaats. Omdat de maansverduisteringen volstrekt op denzelfden tijd intreden, zouden zij een uitmun- tend middel zijn, om tijd- of lengteverschil te bepalen tusschen twee verwijderde plaatsen, in- dien niet, wegens het bestaan van de kernschaduw in de bijschaduw, de schaduw der aarde op de maansschijf geworpen onscherp ware, en daarom eene maansverduistering hoogstens met eene zekerheid van een minuut tijds waargenomen kan worden. De in- en uit- gangen bij eene zonsverduistering zijn veel nauwkeuriger waar te nemen en daarom ook wor- den deze veelal tot het bepalen van lengteverschillen gebezigd.

Men heeft steeds veel belangstelling getoond in totale zonsverduisteringen, deels wegens hare zeldzaamheid, deels wegens eigenaardige verschijnselen, die zich tijdens hare verschijning openbaren; de gewichtigste, welke in deze eeuw in Europa zichtbaar zullen zijn, zullen plaats hebben:

Op den 19 Aug. 1887, totaal in Duitschland en Rusland,

Op den 17 Juni 1890, ringvormig in de Middellandsche Zee.

" " 9 Aug. 1896, totaal in Noorwegen, Lapland en Rusland.

" " 28 Mei 1900, ringvormig in Spanje en Portugal.

Op Plaat 12, fig. 1 stelt Z de zon, A de aarde voor, waarachter de kernschaduw en de bij-schaduw zichtbaar zijn. De volle maan gaande door de schaduw is geteekend in drie verschillende standen en in M is zij geheel verduisterd.

In fig. 6 en 8 zijn de zonsverduisteringen voorgesteld; in fig. 6 waarbij de kern- en de bij-schaduw de aarde raken, wordt bij den eersten toestand de totale en bij den laatsten de gedeeltelijke zonsverduistering voorgesteld. In fig. 8 raakt alleen de bij-schaduw de aarde, binnen eene enge ruimte onder de kernschaduw heeft dan op de aarde de ringvormige; en op de andere plaatsen gelegen in de bij-schaduw de gedeeltelijke verduistering plaats.

Fig. 2 stelt de beweging van de maan om de aarde in vier verschillende standen voor: in A en C gaat de maan wegens de helling van hare loopbaan niet door de schaduwen van de aarde, en hebben er alzoo geene verduisteringen plaats, in B daarentegen is de maan tijdens hare volheid ook in de ecliptica en heeft er eene totale maansverduistering plaats, en in D is de maan, als zij nieuw is, in de ecliptica, waarbij eene totale (of ringvormige) zonsverduistering waargenomen zal worden.

Fig. 7 stelt het verloop van de totale zonsverduistering van den 22 December 1870 voor. De middelste, zwartste streep is de weg van de kernschaduw, de gordel van de centrale verduistering, waarbij dus de zon totaal verduisterd is; in dien gordel liggen het zuidelijk gedeelte van Spanje, Noord-Afrika, Griekenland en Turkije. De verschillende kromme lijnen geven de landstreken aan, voor welke het begin der verduistering bij zonsopgang of zonsondergang, voor welke het midden der verduistering bij zonsop- of zonsondergang en eindelijk, voor welke het einde der verduistering bij zonsop- of zonsondergang plaats heeft. Ook de lijn op de aarde, op welke de randen van zon en maan elkaar juist aanraken — de grens van de bij-schaduw op de aarde — dus de grens op de aarde, waarvoor de verduistering nog even zichtbaar was, is op de kaart geteekend. De maan vertoont zich bij eene totale maansverduistering niet geheel donker, maar heeft eene bruinachtig roode kleur, welke hierdoor veroorzaakt wordt, dat door de straalbreking in onzen dampkring lichtstralen en wel vooral roode, dewijl de blauwe in onzen dampkring opgenomen worden, in de kernschaduw der aarde komen en de maan gedurende de totale verduistering eenig licht toezenden.

Hoe bij eene totale zonsverduistering de zon zich vertoont, is op Plaat 7 door fig. 1 voorgesteld.

2) De wachters van Jupiter.

In de volgende tafel vindt men de Siderische omloopstijden, de afstanden van de hoofdplaat, de massa's (uitgedrukt in deelen van de massa van Jupiter) en de ware middellijnen.

WACHERS.	SIDERISCHE OMLOOPTIJD.	AFSTAND VAN JUPITER GEORG. MIJLEN.	EXCENTRICITEIT.	MASSA IN DEELEN VAN DE MASSA VAN JUPITER.	WARE MIDDELLIJN GEORG. MIJLEN.
	d u m				
I	17 18 27.5	56500	0.00000	0.009169	510
II	3 13 13.7	89800	0.00000	232	460
III	7 3 42.5	143300	0.00135	884	750
IV	16 16 32.2	252100	0.00724	425	640

Van Jupiter gezien vertoont zich de eerste wachter zoo groot als onze maan, de tweede en derde ontfrent half zoo groot, de vierde zoo groot als een vierde gedeelte.

De vier wachters bewegen zich alle bijna in de vlakke van den aequator van Jupiter. De wederkeerige aantrekking der wachters op elkander heeft geleid tot de twee volgende leeringen: 1) de gemiddelde beweging van den eersten wachter + twee malen de gemiddelde beweging van den derden wachter is juist gelijk aan drie malen de beweging van den tweeden wachter; 2) de gemiddelde lengte van den eersten wachter + twee malen de gemiddelde lengte van den derden wachter — drie malen de gemiddelde lengte van den tweeden wachter is juist gelijk aan twee rechte hoeken.

Wegens de kleine hellingen en de nabijheid tot Jupiter worden de drie eerste wachters bij iederen omloop verduisterd, slechts de vierde wachter kan boven en onder de schaduw heen-gaan. Evenzoo veroorzaken de drie dichtst bij Jupiter gelegene wachters bij iederen omloop zonsverduisteringen. De drie eerste wachters kunnen nimmer gelijktijdig verduisterd worden. Hun onwettelingstijd om hunne assen schijnt gelijk te zijn aan den omloopstijd, zooals men meent te mogen opmaken uit waargenomen lichtveranderingen.

3) De wachters van Saturnus, Uranus en Neptunus.

Alleen kent men hunne omloopstijden en gemiddelde afstanden. Bij Saturnus is de zesde

wachter de meest lichtgevende en bij hem vertoont zich eene lichtverandering, waaruit men af-leiden kan, dat hij zich in even veel tijd om zijne as draait, als hij noodig heeft om zijn loop om Saturnus te volbrengen; de meeste der loopbanen liggen in de vlakke van den ring. De elementen der loopbanen zijn de volgende:

Wachters van Saturnus.

NAMEN.	SIDERISCHE OM- LOOPSTIJD.	GEMIDDELTE AF- STAND VAN SATU- RUS IN GEOGRA- FISCHE MIJLEN.	EXCENTRICI- TEIT.
1 Mimas	d u m		
2 Enceladus	0 22 37	24800	*
3 Tethys	1 8 53	31900	*
4 Dione	1 21 18	39500	0.01086
5 Rhea	2 17 41	50900	0.00310
6 Titan	4 12 25	70500	0.00080
7 Hyperion	15 22 41	163700	0.02922
8 Iapetus	21 6 49	198200	0.115
	79 7 54	466000	0.02844

Wachters van Uranus.

NAMEN.	SIDERISCHE OM- LOOPSTIJD.	GEMIDDELTE AF- STAND VAN URANUS IN GEOGRAFISCHE MIJLEN.
	d u m	
1 Ariel	2 12 29	27700
2 Umbriel	4 3 28	38500
3 Titania	8 16 56	63100
4 Oberon	13 11 7	84100

Wachter van Neptunus.

Siderische omloopstijd 5 d. 21 u. 4 m.

Gemiddelde afstand van Neptunus 47500 mijlen.

Op Plaat 4 stelt fig. 3 op 15,433 mill. der ware grootte Jupiter met hare wachters voor, op den grootsten schijnbaren afstand, en fig. 4 op denzelfden maatstaf Saturnus met hare wachters.

In fig. 5, Plaat 12 stelt de lijn EIE' de vlakke gaande door de loopbaan van Jupiter voor, terwijl de meet I, II, III, IV aangeduide lijnen met het vlak EIE' hoeken vormen, die de hel-lingen der maansbanen ten opzichte van de vlakke van de loopbaan van Jupiter aangeven.

Een toestel, dat de planeten met hare satellieten zinnelijk voorstelt, noemt men een plane-tarium, en zulk een werktuig is op Plaat 10, fig. 16 afgebeeld. C is de zon, H Mercurius, G Venus, F de Aarde met de maan, I Mars, L de vier kleine eerst ontdekte planeten, M Jupiter met 4, N Saturnus met 8, K Uranus met 4 manen. De toestel is voorzien van een ra-derwerk, dat in beweging gebracht door de kruk D, de genoemde planeten hare loopbanen om de zon doet beschrijven.

d) De Kometen.

Aandachtige waarnemers ontwaren iedere eeuw omtrent twintig of dertig malen met het on-gewapend oog aan den hemel te midden der talrijke sterren lichtgevende lichamen van een nevelachtig voorkomen, die meestentijds voorzien zijn van een lichtstreep, staart, en daarom door de Ouden staartsterren, *κομήτης*, genoemd werden.

Zij wekten, door haar wonderbaar en schitterend voorkomen, door haren vorm, welke menigmaal eenige overeenkomst heeft met een korenschoof, of met eene opflinkerende vlam, maar vooral door hare zeldzame verschijning (zeer groote kometen komen slechts enkele ma-len in eene eeuw voor) de verbazing en bewondering van iedereen op, welke bij het vroeger heerschende bijgeloof in vrees en angst overgingen. Men vindt in vele stadsarchieven alsook in onze geschiedboeken berichten over de verschrikking, welke op zekere tijden de verschij-ning van kometen veroorzaakte, en men zoude daarvan veel kunnen vertellen, als men al de vrees, welke de verschijning van kometen in vroegere eeuwen verspreide en de gevolgen daar-van, wilde beschrijven.

Deze tijden zijn voorbijgegaan, en al heeft men nog nu en dan bij de verschijningen van kometen de nadering van ongelukken voorspeld, toch is over het algemeen de vrees voor ko-meten geweken. Sedert men tot de kennis gekomen is, dat de kometen zich niet in onze naaste omgeving bevinden, dat zij niet in den dampkring van onze aarde voorkomen, maar naar de wetten, heerschende in het heelal, als kosmische lichamen de haar voorgeschrevene loopbanen om de zon met de grootste nauwkeurigheid afleggen — waarom zoude er dan nog grond voor vrees bestaan?

Het aantal zeer groote kometen is, zooals wij reeds gezegd hebben, gering; met het ongewapend oog, ziet men er gemiddeld niet meer dan eene in een tijdvak van 3 tot 5 jaren. Het aantal echter, dat door verrekijkers gezien kan worden, dat der telescopische kometen, is aanmerkelijk grooter; gemiddeld bedraagt het vier in één jaar en de oplettenheid der ster-renkundigen is met het verlopen der jaren steeds toegenomen. Zoo waren er in de zeven-tiende eeuw b. v. niet meer dan 20 kometen (alle alleen met het bloote oog waargenomen) zichtbaar, terwijl men in de 18^{de} eeuw reeds 62 (in de tweede helft vooral vele telescopische) gezien heeft, in de eerste helft van de 19^{de} eeuw 94, van 1850—1860 38, van 1861—1870 daarentegen er 33 heeft waargenomen.

Men heeft de loopbanen van 250 kometen nauwkeurig berekend en de meeste van haar be-
hooren tot de in den nieuweren tijd ontdekte, omdat in de vroegere eeuwen de waarnemingen
zoo onvolkomen en zoo tegenstrijdig waren, dat men daaruit de loopbanen niet bepalen kan; uit
alle opgaven kan men echter met vrij groote zekerheid aannemen, dat, voor zoover de geschie-
denis reikt, tot nu toe niet veel meer dan 600 kometen zijn gezien.

Hoe groot echter het getal van deze hemellichamen in het algemeen is, kan slechts, uit-
gaande van zekere hypothesen, bij benadering worden opgegeven. Tot nu toe is het zeker,
dat slechts een zeer gering aantal kometen in een bepaald aantal jaren om de zon zich
beweegt en periodiek terugkeert. Bij de overige duurt, wanneer zij zich in gesloten kromme
lijnen bewegen en dus van een omlooptijd gesproken kan worden, die omlooptijd duizenden
jaren, en daar men thans gemiddeld ieder jaar drie of vier nieuwe kometen vindt, moeten er
bij gevolg vele duizenden kometen aanwezig zijn. Men zal wel niet mogen aannemen, dat de
kometen bij hare periheliën (kortsten afstand tot de zon) in het wereldruim gelijkmatig ver-
deeld zijn, want dan zoude, van de 250 kometen wier banen berekend zijn, omtrent 50 hare
periheliën binnen de loopbaan van Mercurius hebben, haar aantal binnen de loopbaan van
Jupiter reeds honderdduizend bedragen en binnen de baan van Neptunus tot miljoenen klim-
men. Zoo ook was de hypothese, dat de periheliën der kometen met de tweede macht van de
afstanden tot de zon toenemen tusschen de banen van Mercurius en Venus, vóór omtrent 30
jaren vrij juist, nu is de verhouding door de jongste ontdekkingen anders geworden. Binnen
de door de lichtkracht van onze tegenwoordige werktuigen gestelde grenzen, waarbij wij nog
kometen kunnen zien en waarnemen, zal ongetwijfeld het aantal dezer lichamen vele duizen
den bedragen.

De groote meerderheid der kometen wordt thans door de sterrenkundigen met bijzonder
daartoe ingerichte kijkers, welke een groot gezichtsveld en eene niet te aanzienlijke vergrooting
hebben (kometenzoekers), gevonden. Zoo nu en dan gebeurt het echter ook, dat plotseling
heldere kometen verschijnen en door iedereen, die met eenige aandacht naar den hemel ziet, gezien
kunnen worden. Deze kometen zijn dan plotseling uit hare kortste nabijheid tot de zon en uit
de zonnestralen gekomen, terwijl zij door het daglicht zelfs voor het gewapend oog van den
sterrenkundige onzichtbaar bleven.

De heldere kometen onderscheiden zich meestal door drie wezenlijk van elkander te
onderscheiden bestanddeelen: een kern, een nevelachtig omhulsel (de kop) en een
staart.

Het helderst lichtgevende punt, dat dikwijls zoo verdicht is, dat het op eene ster gelijk,
noemt men de kern van de komeet, welke kern dikwijls slechts eene kleine middellijn heeft
en een zoodanig licht geeft, dat men bij enkele kometen haar op den vollen dag met het on-
gewapend oog onderscheiden kan. Schröter en Harding vonden bijvoorbeeld voor de middellijn
van de komeet des jaars 1798, toen zij het kleinste was, niet meer dan 27 mijlen, terwijl de
kern van de groote komeet van 1811 eene middellijn heeft van 570 mijlen en de kern van de
nog steeds in het geheugen voortlevende prachtige komeet van 1858 meer dan 100 mijlen
breed was. Bij helder daglicht waren de kernen van de groote kometen der jaren 1843 en
1853 zichtbaar.

De kern is gewoonlijk omgeven door een nevelachtig omhulsel, welks middellijn zeer
aanzienlijk kan zijn en dikwijls in de richting naar de zon waaiachtig uitstraalt; zelfs volgen
vele sectoren elkander dikwijls op, elkander omgevend, terwijl die omhulsels zeer merkbaar
ten opzichte van elkander kunnen heen en weder schommelen.

Dikwijls gebeurt het, dat het nevelachtig omhulsel, als de komeet zoo dicht mogelijk bij de
zon gekomen is, eene van de zon afgekeerde verlenging verkrijgt, welke zich tot een staart
ontwikkelt, die, als de komeet zich weder verwijderd van de zon, kleiner wordt en eindelijk
 geheel verdwijnt. Die staarten worden dikwijls zeer lang en zijn dan meestal niet recht
maar gekromd en bestaan dikwijls een derde, somtijds de helft en meer van den ons zichtbaren
hemel. Zoo had bijvoorbeeld de staart van de komeet van 1456 eene lengte van 60°, die van
1618 van 100°, van 1769 90°, van 1811 90°, van 1843 bijna 70°, van 1858 60°, van 1861
120°. Deze lengten bedragen in het wereldruim miljoenen mijlen en hier voegen wij nog bij, dat
de staart van de komeet van het jaar 1858 omtrent 11 miljoenen mijlen lang was en hare
grootste breedte 2 miljoen mijlen bedroeg. Somtijds hebben de kometen meer dan eene
staart: die van het jaar 1823 had er twee, die tegenover elkander stonden; die van het jaar
1744, zegt men, heeft zes staarten van 30 tot 40° lengte en 4° breedte gehad; die van het
jaar 1858 had behalve haren grootten breedten staart nog twee kleine, welke raaklijnen waren aan
de groote en bijna dezelfde lengte van 11 miljoen mijlen hadden, maar niet breeder waren
dan 200.000 mijlen. Dikwijls verandert de lengte van den staart en dat wel in korten tijd —
in den staart van de komeet van 1811 werden bijvoorbeeld in- en uitgaande bewegingen waar-
genomen — alsook veranderen zij somtijds aanzienlijk als ze na eene verschijning is terug
gekomen. Zoo had de komeet van Halley, die telkens na 75 jaren terugkomt, in het jaar 1456
een staart van 60° lengte, terwijl in de jaren 1759 en 1835 de staart nauwelijks de lengte
aan 15° bereikte.

De staarten zijn gewoonlijk aan de randen veel lichter dan in het midden en door het mid-

den loopt eene donkere streep, welke aanleiding heeft gegeven tot het vermoeden, dat de staar-
ten hol zijn en men in het midden onmiddellijk door den dunnen wand van den hollen staart
ziet, terwijl men aan de randen in een schuinschen stand dien wand beschouwt en dus meer
lichtende stof ziet.

Dikwijls ontbreekt de kern bij de kometen geheel en al; voornamelijk bij de telescopische
kometen zien wij niet anders dan het nevelachtig omhulsel, waarin hier en daar, doch nimmer
in het midden, eene of meer ophooping van licht te zien zijn. De kern vormt zich meestal
eerst dan in het nevelachtig omhulsel, wanneer de komeet dicht bij de zon komt, zij ver-
dwijnt weder, als de komeet zich van de zon verwijderd heeft, zoodat ten slotte alleen het
omhulsel overblijft, dat bij toenemenden afstand matter en eindelijk onzichtbaar wordt. Het
grootste aantal der telescopische kometen bestaat bijna geheel uit zulke nevelachtige omhulsels.

Bij eenige heldere kometen heeft men schijngestalten zooals bij onze maan, zoogenaamde
phasen, waargenomen, en in het bijzonder moet de komeet van 1819 onder de gedaante van
de maan bij haar laatste kwartier door opmerkzame sterrenkundigen waargenomen zijn. Hoogst-
waarschijnlijk zijn echter phasen, welke men meent gezien te hebben, niets anders dan won-
derbaarlijke vormen van den kop, welke in lateren tijd bijna altijd zijn waargenomen.

Met groote zekerheid weet men, dat de kometen bijna geheel doorschijnend zijn, daar
het licht van vaste sterren, welke door eene komeet bedekt zijn, niet aanzienlijk verzwakt
wordt. De helderheid van vele kometen is in vergelijking der vaste sterren zoo gering, dat als
zwakke kometen in de nabijheid van sterren staan, zij nauwelijks waargenomen kunnen wor-
den, en naar eenige kometen is dikwijls te vergeefs gezocht, als zij, zooals uit latere bereke-
ning bleek, in de richting van vaste sterren gestaan hadden.

De geringe helling der kometen doet vermoeden, dat hare massa's ook zeer gering zijn en voor
de komeet van het jaar 1770 is aangetoond, dat zij niettegenstaande hare grootte minder massa
dan een 5000^{de} deel der massa van de aarde moet gehad hebben, dewijl zij, indien hare massa
grooter ware geweest, op de beweging van de aarde invloed uitgeoefend en haar in haren loop
zoude moeten gestoord hebben.

Sedert Newton algemeene wetten vaststelde, naar welke zich alle hemellichamen bewegen,
is het mogelijk om de loopbanen van kometen nauwkeurig te berekenen en bij de meeste heeft
men gevonden, dat het kleine gedeelte van de loopbaan, dat wij op de aarde kunnen waarne-
men, niet merkbaar van den parabolischen vorm afwijkt. Men heeft slechts voor een gering
aantal kometen aangetoond, dat hare banen gesloten kromme lijnen, langwerpige ellipsen
voorstellen, waarbij de excentriciteit echter niet veel van de eenheid verschilt.

De Engelsche sterrenkundige Halley was de eerste, die volgens de theorie van Newton de
loopbanen van 25 kometen berekende.

Toen hij de kenmerken der loopbanen, de elementen, met elkander vergeleek, vond hij
drie banen (die der kometen van 1631, 1607 en 1682), waarbij de elementen zoo na met
elkander overeenkwamen, dat hij daaruit afleidde, dat deze banen tot dezelfde komeet
moesten behooren, welke een omlooptijd van 75 of 76 jaren had. Zijne veronderstelling, dat
de komeet in het jaar 1758 moest terugkomen, werd op de schitterendste wijze bevestigd,
maar zij kwam niet in 1758 maar eerst in 1759 op haren kortsten afstand van de zon, welke
vertraging veroorzaakt is geworden door den invloed, door Jupiter en Saturnus op hare bewe-
ging uitgeoefend. Zulke binnen geheel bepaalde tijdruimen terugkomende kometen noemt
men periodieke, en tegenwoordig kent men er reeds een vrij groot aantal, van welke nu
korte beschrijvingen gegeven zullen worden.

Vooraf echter zullen eerst eenige aantekeningen over de meest belangrijke kometen, welke
tot nu toe verschenen zijn, worden medegedeeld.

Higinius en Ovidius vermelden, dat in het jaar 1200 voor de geboorte van Christus, ten tijde
van de verwoesting van Troje, een der Plejaden, Electra of Merope, uit verdriet over den onder-
gang van de prachtige stad het gezelschap van hare zusters verlaten en aan den noordpool-
cirkel zich toevertrouwd had, waar zij treurend met lofhangende haren gezien was en komeet
genoemd werd. De vertelling is wel de eerste geloofwaardige mededeeling omtrent het bestaan
eener komeet, welke door de Plejaden naar het noorden gegaan is.

Christoteles geeft berichten aangaande eene komeet, die 371 jaren voor de geboorte van
Christus verscheen en een helderen, breedten, over een derde gedeelte van den zichtbaren he-
mel reikenden staart bezat.

In het jaar 134 voor Christus geboorte, ten tijde van de geboorte van Mithridates, was eene
schitterende komeet gedurende 70 dagen zichtbaar, die in helderheid met de zon werd ver-
geleken, wier staart zich uitbreidde over een vierde gedeelte van den hemel, en vier uren
noodig had om op te komen.

Spoedig na den dood van Caesar, 43 jaar vóór Christus, vertoonde zich eene zoo heldere ko-
meet, dat men haar zelfs op den middag kon zien. De Romeinen meenden, dat zij gekomen
was, om den geest van den grooten dictator te ontvangen en naar den zetel der goden te
brengen.

In het jaar 389 na Christus verscheen eene komeet, nagenoeg zoo helder als Venus,
wier hoofd samengesteld was uit verscheidene kleine sterren, wier staart den vorm van

een zwaard had en wier geheel uiterlijk voorkomen met een brandende altaarlamp vergeleken werd.

In het jaar 1106 zag men een hemellichaam, dat naar de opgave van den geschiedschrijver niet meer dan $1\frac{1}{2}$ voet van de zon verwijderd was en een staart had, welke van de Visschen tot Orion reikte.

Eene andere, evenals de zooeven genoemde op den vollen dag waargenomen komeet, verscheen in het jaar 1402, wier staart naar men zegt op den helderen middag gezien is. Andere geschiedschrijvers vermelden, dat in datzelfde jaar twee kometen zichtbaar zijn geweest.

De komeet van 1532 moet ook op den helderen dag voor iedereen te zien zijn geweest. Er is reeds medegedeeld, dat de staart van de komeet, verschenen in het jaar 1556, 60° lang was terwijl die der in het jaar 1618 verschenen komeet eene lengte van 100° moet gehad hebben zoodat deze nog niet geheel opgekomen was toen haar hoofd reeds het midden van den hemel boven den horizon innam.

De komeet van het jaar 1680 had een zoo langen staart, dat zij niettegenstaande het hoofd spoedig na de zon onderging, gedeeltelijk den geheelen nacht zichtbaar was; hare lengte bedroeg 70° .

De prachtigste komeet van de 18^{de} eeuw, die van het jaar 1744, was op den 1^{sten} Februari helderder dan Sirius, op den 8^{sten} even helder als Jupiter, in het begin van Maart overtrof zij Venus in glans en men heeft haar met het ongewapend oog des middags te 4 uur zelfs goed kunnen zien. In het begin had zij één staart, welke zich echter na verloop van tijd in zes staarten verdeeld moet hebben, en door Cheseaux werd waargenomen; de Fransche en Engelsche sterrenkundigen vermelden daarvan echter niets.

De meest belangrijke kometen van de 19^{de} eeuw waren die van de jaren 1807, 1811, 1819, 1825, 1835 (de komeet van Halley) 1843, 1853, 1858, 1860, 1861, 1862.

De komeet van het jaar 1807 had een staart, die niet langer dan 3° of 4° was.

De komeet van het jaar 1811 werd gezien van den 26^{sten} Maart tot den 17^{den} Augustus van het jaar 1812, dus gedurende een tijdvak van 17 maanden, echter niet onafgebroken. Het schoonst was zij in den herfst van het jaar 1811, toen zij met haren 25° langen en 6° breedten staart gedurende den geheelen nacht zichtbaar bleef. Bouvard heeft twee staarten gezien, die een hoek van 90° met elkander maakten. Naar de nauwkeurige berekeningen, door Argelandier volbracht moet hare baan als elliptisch beschouwd worden, hoewel haar omlooptijd 3065 jaren bedraagt en eene benaderende berekening voor haren terugkeer heeft gegeven, dat wegens de aantrekkingskracht der planeten haar loop 177 jaren vertraagd wordt, zoodat hare eerstvolgende verschijning omtrent het jaar 4700 te verwachten is.

De komeet van 1819 heeft een staart van 7° lengte.

De komeet van October 1825 vertoonde een uit drie stippen bestaande kern en een staart van 15° lengte.

In het jaar 1835 verscheen de komeet van Halley, waarover, daar zij tot de periodieke behoort, later nog zal gesproken worden.

Op den 28^{sten} Februari 1843 verscheen plotseling op den vollen dag zeer dicht bij de zon eene groote komeet, welke men het eerst in Amerika ontdekte. Des nachts vertoonde zij voor het ongewapend oog een staart van 40° tot 70° lengte, die zich in Maart in twee deelen splitste. Het merkwaardige bij deze komeet is, dat zij bij haren kortsten afstand van de zon niet meer dan 19000 mijlen van de oppervlakte der zon verwijderd was, zelfs gaven in den beginne de berekeningen een korteren afstand van de zon, dan de straal van de zon zelve.

De in het jaar 1853 zichtbare komeet had op het einde van Augustus gedurende korten tijd een staart, die langer dan 5° was en zij werd in den kijker op den vollen middag gezien en waargenomen.

De schitterendste en grootste komeet van deze eeuw is wel die geweest, in den herfst van het jaar 1858 verschenen. In Juni door den heer Donati in Florence als een zwakke nevelvlak in de Leeuw ontdekt, werd zij van het einde van Augustus tot het einde van October voor het ongewapend oog zichtbaar. Van dit oogenblik af zag men haren staart van dag tot dag helderder en langer worden, en men heeft aan haar, alsook aan de tegenover den staart gelegene, onmiddellijk aan het hoofd zich vertoonende sterke lichtontwikkeling of uitstrooming, welke bestond uit vele lichtomhulsels (tot zeven toe), die de kern omgaven en zich in den staart uitbreidden, in het bijzonder zijne aandacht gewijd. Toen de hoofdstaart sterk gekromd was en tot eene lengte van 60° en eene breedte van 10° kon gevolgd worden, zag men op eenige plaatsen in de richting van tangenten aan den grooten staart nog twee zwak lichtgevende strepen, die dezelfde lengte hadden, maar niet breeder dan 1° waren.

Op het einde van Juni 1860 kwam plotseling uit de zonnestralen eene komeet te voorschijn, die spoedig in lichtkracht toenam, een staart van 20° lengte en een excentrische kern had, zich onderscheidde door spoedige veranderingen en zeer snel in licht afnam.

De komeet van het jaar 1861 verscheen aan het noordelijk halfrond zeer onverwachts, op den 30^{sten} Juni uit de zonnestralen tredende — aan het zuidelijk halfrond had men haar reeds van den 13^{den} Mei af gezien — met een langen staart, die, wegens de nabijheid der komeet tot de aarde (op den 30^{sten} Juni bedroeg die afstand niet meer dan 2 mill. mijlen) eene lengte van

120° had. Ook deze komeet vertoonde verscheidene hulsels, en over den rechten, langen staart lag nog eene gekromde van zwakker licht.

De laatste voor het ongewapend oog zichtbare komeet verscheen in Augustus 1862; zij had een staart van 10° tot 12° lengte en onderscheidde zich door eene heen- en weergaande beweging van het uitstrooemde licht, alsmede door de groote veranderlijkheid in voorkomen van haar hoofd.

Al deze kometen hebben een zoo grooten omlooptijd, dat wij die niet bepalen kunnen, of wel een omlooptijd van vele honderden en eenige van vele duizenden jaren. Daarentegen zijn er, zooals reeds gezegd is, eenige kometen met een korteren omlooptijd, waarom men twee hoofdgroepen aanneemt, eene met omlooptijden van drie tot zeven jaren en eene andere met omlooptijden gelegen tusschen 60 en 80 jaren.

Men noemt deze kometen periodiek, en de omlooptijden, welke reeds meer dan eens bij den terugkeer tot het perihelium van de aarde waargenomen zijn, kunnen tot op eenige dagen, bij enkelen zelfs tot op uren, nauwkeurig berekend worden.

Tot deze periodieke kometen behoort in de eerste plaats de komeet van Halley, die naar haren omlooptijd gerekend, tot de laatste der genoemde groepen behoort.

Wij hebben reeds medegedeeld, dat Halley de eerste was, die 25 loopbanen van kometen berekende en door hare onderlinge vergelijking de periodiciteit van eene der kometen aantoonde. Nadat hij de periode van terugkeer bekend had gemaakt, kon men terugrekenen en men vond in verscheidene boeken waarnemingen volbracht op deze komeet, die echter ongelukkig zoo onvolkomen waren, dat uit die oude gegevens geene nauwkeuriger loopbaan bepaald kon worden.

De eerste zekere verschijning van de komeet van Halley had plaats in het jaar 1456, in welk jaar zij zich op haren weg, van het sterrenbeeld den Stier tot aan den Leeuw, met groote pracht vertoonde. Hare kern moet even sterk lichtgevend geweest zijn als eene vaste ster, haar staart 60° lang zijn geweest en aan haar einde in den vorm van een pauwenstaart haar licht verspreid hebben.

De tweede verschijning had plaats in het jaar 1531 en is vooral door Peter Apianus (Biene-witz) te Ingolstadt nagegaan, die bij deze verschijning het eerst er de aandacht op vestigde dat de staart van de zon afgewend is.

De derde verschijning, in het jaar 1607, werd door Kepler, Longomontanus en andere sterrenkundigen waargenomen; de lengte van de staart was zeer veranderlijk, hetgeen wellicht verklaard moet worden uit de afwisselende zuiverheid van den dampkring, wijl zij in de laatste maanden van het jaar zichtbaar was.

De vierde, verschijning in het jaar 1682, toen Newton en Halley leefden, bracht den laatste tot de berekening van loopbanen van kometen naar de theorie van den eerstgenoemde. De voorspelling, dat de komeet in het jaar 1758 moest terugkomen, alsook de ontdekking harer periodiciteit was een groote stap op het gebied der sterrenkunde, en de benoeming der komeet naar Halley is eene welverdiende erkenning.

Clairaut, een Fransch wiskundige, en Mevrouw Lepaute rekenden gedurende zes maanden onafgebroken aan de nauwkeurige bepaling der loopbaan van de komeet van Halley, om haren terugkeer juist op te geven; zij vonden, dat zij door Jupiter 518, en door Saturnus 100 dagen in haren loop gestoord werd en bepaalden de grootste nabijheid van de komeet tot de zon op den 13^{den} April 1759. Halley stierf in 1741 en beleefde alzoo den terugkeer van de komeet niet. Toen op het einde van het jaar 1758 verscheidene sterrenkundigen, en daaronder de bekende ontdekker van kometen Messier, langen tijd te vergeefs naar haar uitgezien hadden, werd zij op den 25^{sten} December 1758 door een dilettant-sterrenkundige, den boer Pahlitzsch te Prohlis bij Dresden, gevonden. Latere waarnemingen op de komeet volbracht toonden, dat zij in den nacht tusschen den 12^{den} en 13^{den} Maart 1759, dus niet meer dan eene maand vroeger dan Clairaut had gevonden, haar perihelium bereikte. De staart ontwikkelde toen niet de pracht, die men vroeger gezien had, en nog minder schitterend verscheen zij in het jaar 1835, toen zij in Augustus, en wel op eene plaats, die niet meer dan $\frac{1}{3}$ van de berekende verschille, gevonden werd, en zij haar perihelium bereikte op een tijd, die slechts enkele dagen van den berekenen afweek, terwijl zij wat hare natuurkundige verschijnselen betrof zeer nauwkeurig door Bessel onderzocht werd.

Gedurende een geruimen tijd bleef deze komeet de eenige, wier omlooptijd men kende. In het jaar 1770 ontdekte de Fransche sterrenkundige Messier eene komeet, die zooals Lexell aantoonde na $5\frac{1}{2}$ jaar moest terugkeeren; latere berekeningen leidden Lexell tot de uitkomst, dat de door hare groote massa invloed uitoefenende Jupiter haar eerst in 1767 hare loopbaan gegeven had, en dat zij deze ook in het jaar 1779 weder zoude aannemen, welke uitkomst door andere sterrenkundigen bevestigd is geworden. Lexell had daardoor wel bewezen, dat er kometen met korten omlooptijd bestaan, maar er was toch nog geen geval bekend, waarbij zulk eene komeet bij meer dan eene terugkomst waargenomen was, en ofschoon men, vooral in het begin van deze eeuw, zorgvuldig alle loopbanen onderzocht, vond men niet meer dan twee kometen (ontdekt in het jaar 1812 door Pons en in het jaar 1815 door Olbers) wier omlooptijden 71 en 74 jaren bedroegen, en dus geheel overeenkomstig de komeet van Halley.

Daar ontdekte op den 26 November 1818 Pons te Marseille eene komeet, welke 47 dagen lang waargenomen werd en wier baan zelfs voor het tijdvak waar binnen de waarneming lag niet met een parabool over een te brengen was. Encke, toenmaals sterrenkundige op den Zeeberg bij Gotha, vond uit zijne berekening der waarnemingen, welke 21 dagen omvatten, dat de komeet na $3\frac{1}{2}$ jaar moest terug keeren en bewees, dat zij reeds in 1786, 1795 en 1805 waargenomen was. Toen Encke naar de door hem bepaalde loopbaan den loop voor het jaar 1822 vooruit berekende, was het de schoonste belooning voor dezen veelomvattenden arbeid, dat de komeet juist werd gevonden en waargenomen op de plaats, welke hij haar vooruit aangewezen had. Sedert is die komeet regelmatig teruggekomen en geene verschijning onopgemerkt voorbijgegaan. Sedert de ontdekking van hare periodiciteit in het jaar 1818 is zij in 1822, 1825, 1829, 1832, 1835, 1838, 1842, 1845, 1848, 1852, 1855, 1858, 1862, 1865, 1868 en 1871 waargenomen.

De komeet met korten omloopstijd van Encke bleef niet lang de eenige. Op den 27 Februari 1826 ontdekte te Josphstad in Bohemen de Hoofdman Biela eene komeet, wier omloopstijd berekend werd op $6\frac{1}{2}$ jaar en die reeds in 1772 en 1805 was gezien en waargenomen. Zij is sedert hare ontdekking in 1832, 1839, 1845 en 1852 teruggezien: in 1845 deelde zij zich merkwaardigerwijze in twee deelen, welke beide ook in 1852 als afzonderlijke kometen, verscheidene graden van elkander verwijderd, waargenomen, maar sedert dien tijd niet meer gezien zijn.

Zeventien jaren na de ontdekking van de komeet van Biela vond de sterrenkundige Faye te Parijs eene komeet op den 23 November 1843, welke sedert dien tijd telkens na $7\frac{1}{2}$ jaar (1851, 1858, 1860) tot haar perihelium is teruggekeerd en ook waargenomen.

De komeet van Brorsen, op den 26 Februari 1846 door Brorsen te Kiel ontdekt, werd, hoewel haar $5\frac{1}{2}$ -jarige omloopstijd bekend was, toch in het jaar 1851, wegens haren ongunstigen stand ten opzichte van de aarde, niet gezien, maar in 1857 opnieuw door Bruhns ontdekt en in 1868 weder waargenomen.

De komeet, op den 27^{sten} Juni 1851 door d'Arrest te Leipzig ontdekt, heeft een omloopstijd van $6\frac{1}{2}$ jaar en is bij haren kortsten afstand van de zon in 1857 (aan de Kaap de Goede Hoop) en in 1870 wederom gezien en waargenomen.

De komeet van Wincke werd op den 8^{sten} Maart 1858 door Wincke te Bonn ontdekt. Uit de berekening bleek onmiddellijk, dat zij reeds in 1819 waargenomen was en zeer spoedig vond men dat haar omloopstijd $6\frac{1}{2}$ jaar bedroeg. In het jaar 1864 kon zij wegens ongunstigen stand met betrekking tot de aarde niet gezien worden, in 1869 is zij weder waargenomen.

Eene andere periodieke komeet van korten omloopstijd, door de Vico in Rome op den 22^{sten} Augustus 1844 ontdekt, is bij hare eerste verschijning gedurende meer dan vier maanden waargenomen en nauwkeurig berekend, maar desnietegenstaande heeft men haar niet meer kunnen terugvinden.

Eene op den 3^{den} April 1867 door Tempel te Marseille ontdekte komeet heeft volgens de nauwkeurigste berekening $5\frac{1}{2}$ jaar noodig om hare loopbaan af te leggen en kon eerst in 1872 of wel in 1878 wedergevonden worden.

Een grooteren omloopstijd, namelijk $13\frac{1}{2}$ jaar, heeft eene komeet, welke op den 4^{ten} Januari 1858 door Tuttle in Cambridge (Ver. St.) en op den 12^{den} Januari door Bruhns te Berlijn ontdekt werd, terwijl het tevens bleek, dat zij reeds in 1790 waargenomen is, maar in de daartusschen gelezene kortste afstanden van de zon ongemerkt voorbijging: in 1871 is zij weder gezien en waargenomen.

Kometen met grootere omloopstijden kent men thans bij grootere getallen. Wij noemen alleen eene door Peters in 1846 ontdekte, met een omloopstijd van bijna 16 jaren, eene in 1852 door Westphal ontdekte, met een omloopstijd van 61 jaren, een in 1833 door Tempel ontdekte, met een omloopstijd van 33 jaren. De laatstgenoemde heeft, hetgeen zeer merkwaardig is, bijna dezelfde loopbaan als de groep der vallende sterren, op welks schitterende verschijning in 1790 A. van Humboldt in het bijzonder de aandacht vestigde en die in 1806 in den nacht tusschen den 13^{den} en 14^{den} November in Europa, in 1867 in Amerika en Australië met groote pracht weder gezien is geworden. — Zoowel in deze als in de vorige eeuw heeft men nog meer kometen met kortere of langere omloopstijden gezien, echter zijn zij alle slechts bij eene enkele verschijning waargenomen en daarom kan haar terugkeer tot nu toe nog niet worden voorzegt.

Men weet nog weinig van de natuurkundige gesteldheid der kometen. In de vroege oudheid hield men haar voor meteoren in onzen dampkring. Volgens Aristoteles moeten zij gevormd worden door dampen, opstijgende uit kloven en holen, die zich in onzen dampkring samenvoegen en weder verdwijnen; Plutarchus zegt, dat de kometen geen wezenlijk bestaan hebben, maar reflexlichten van de zon zijn, die op dezelfde wijze verdwijnen als de regenbogen en bijzonnen. Aristoteles nam twee soorten van kometen aan, die met baarden en die met staarten, terwijl Plutarchus twaalf soorten telde, waarvan de maanvormige het snelst liepen, en de staartkometen het langst zichtbaar bleven. Toen de kijker tot het beschouwen van den hemel aangewend werd, hield men de kometen voor dampen uit de zon voortkomende, waartegen Hevelius met kracht ijverde die ze eenvoudig beschouwd wilde hebben als dampen van de pla-

neten. Kepler geloofde nog, dat zij monsters waren, die in de hogere streken van de lucht evenals walvissen rondzwommen en zich met de kwade dampen voedden; als de kometen tot de aarde naderden, brachten zij misgewas en pestziekten teweeg. Toenmaals had echter reeds Tycho Brahe aangetoond, dat zij verder dan de maan verwijderd zijn, en spoedig daarna (1681) bewees de geestelijke Dürfel te Plauen in de Voigtlanden, dat de loopbanen der kometen parabolen zijn. Toen Newton gevonden had, dat alle hemellichamen zich in kegelsneden bewegen, werd door de mannen van de wetenschap met zekerheid aangetoond dat de kometen van wezenlijken kosmischen oorsprong zijn.

Onze tegenwoordige denkbeelden over kometen zijn nog lang niet zoodanig, dat men alle verschijnselen behoorlijk verklaren kan. Omdat de kometen als hemellichamen aan de wetten van de algemeene aantrekkingskracht gehoorzamen, kan men met zekerheid aannemen, dat zij van stoffelijke natuur zijn, en omdat bij hare nadering tot de zon zich uitstromingen, hulsels en staarten ontwikkelen, moet men veronderstellen, dat door de zon krachten vrij worden gemaakt, welke bij grooten afstand van de komeet tot de zon gebonden zijn en de waargenomen sterke veranderingen van het voorkomen van de kern, van de hulsels en van den staart veroorzaken. Bessel neemt daarom polaire krachten aan, die bij eenige kometen schommelingen van den staart, als die bij een slinger, te voorschijn brengen, en men heeft berekend, dat zulke krachten ook de oorzaak kunnen zijn van den na iederen omloop spoediger invallenden terugkeer van eene komeet tot het perihelium, welke Encke bij de naar hem genoemde komeet van korten omloopstijd — de vermindering is bij iederen volgende omloop omtrent drie uren — gevonden heeft en, volgens het denkbeeld van Olbers, toeschrijft aan een wederstandbiedende stof, in het wereldruim verspreid.

De overeenstemming, die tusschen de loopbanen der groepen van de vallende sterren en vele loopbanen van kometen bestaat, heeft aanleiding gegeven tot het vermoeden, dat deze groepen kometen in staat van wording of overblijfselen van opgelost wordende kometen zijn. Omdat men echter aangetoond heeft, dat de vallende sterren, niettegenstaande haar aantal vele miljoenen bedraagt, toch op grooten afstand (10 tot 20 mijlen) van elkander verwijderd zijn, laat het zich niet goed begrijpen, hoe deze kleine massa's met elkander kunnen samenhangen en elkander onderling kunnen aantrekken, want alleen daardoor kan men het vormen en het verdwijnen van den staart enz. verklaren.

De in den nieuweren tijd met zoo goed gevolg op de hemellichamen toegepaste spectraalanalyse, vertoont in het spectrum, dat men van de kometen verkrijgt, drie heldere breede banden, van welke de middelste nagenoeg met een magnesium-streep samenvalt. Het spectrum der kometen heeft ook groote overeenkomst met dat van waterstof, waarom men meent, dat deze zelfstandigheid het zelfstandig lichtgeven van eenige kometen teweegbrengt. De drie heldere banden zijn door volkomen donkere tusschenruimten gescheiden, en omdat dit spectrum alleen door de kern van de kometen ontstaan kan, daar het omhulsel te zwak is, is de zelfstandigheid misschien gloeiend koolgas, dat op dezelfde plaatsen banden vertoont.

De veronderstelling, dat de hoofdmassa's der kometen bestaan zouden uit kleine vaste lichamen, die door kleine tusschenruimten van elkander gescheiden zijn, evenals een stof- of rookwolk uit kleine, vaste deeltjes is samengesteld, en dat de vluchtige bestanddeelen van deze kleine lichamen, wanneer de komeet tot de zon genoezaam genaderd is, geheel of gedeeltelijk vervluchtigen, tot dampen overgaan, witzloeiend worden en alzoo de overige vaste deelen, overgaande in een zelflichtende wolk van gloeienden damp, de kern van de komeet omgeven, wordt door niets tegengesproken.

In de volgende lijst zijn eerst de zekerste elementen van alle berekende kometen samengesteld: de elementen der periodieke zijn daarin behouden, en uit de vergelijking voor verschillende tijden ziet men de verandering der elementen door de storingen, waarop wij in de afdeeling „De natuurkundige sterrenkunde” terugkomen.

De teruggekeerde periodieke kometen zijn:

N ^o .	19, die van Halley.	N ^o .	189, die van d'Arrest.
"	96 " " Encke.	"	131 " " Wincke.
"	84 " " Biela.	"	163 " " Faye.
"	171 " " Brorsen.	"	102 " " Tuttle.

Bij het grootste aantal der kometen heeft men den omloopstijd niet kunnen bepalen; eerst door haar terugkomen en door juistere bepalingen van de loopbanen kan aangetoond worden, dat zij reeds door bevoorher der aarde zijn waargenomen geworden.

In de opgave bevat de eerste kolom het doorlopend nummer, overeenstemmende met dat van de kometenlijst van Olbers. Ten einde eenmaal aangenomene nummers niet te veranderen, van de enkele oude kometen, wier banen men nog in nieuweren tijd heeft kunnen bepalen, met zijn enkele oude kometen, met een letter tusschengevoegd. In kolom 2 vindt men den tijd van het voorafgaand nummer en een letter tusschengevoegd. In kolom 3 de lengte van de Romeinsche doorgang door het perihelium (waarnaar de kometen ook met het jaartal en de Romeinsche cijfers I, II, III enz. gemerkt zijn), in kolom 4 de lengte van het perihelium, in kolom 5 de helling, en deze drie grootheden zijn tot in

tiende deelen van graden uitgedrukt. Kolom 6 bevat den afstand van het perihelium uitgedrukt in drie decimalen, kolom 7 bij elliptische loopbanen de halve groote as, kolom 8 den daarmede overeenkomenden omlooptijd, kolom 9 de excentriciteit. In de tiende kolom vindt men opgegeven de richting van de beweging der komeet, of zij rechtlopend is, zoals bij de planeten, of teruggaand, dat is in tegenstelden zin zich om de zon bewegend, en in de laatste kolom den naam van den eersten ontdekker (twee zijn er opgegeven, als twee ontdekkers de komeet in denzelfden nacht hebben gevonden) van die kometen, welke als nieuw, meestal teleskopisch, gevonden en niet vooruit berekend waren.

Numer.	JAAR EN DAG.	Leugte van het perihelium.	Leugte van den klimmen-den knoop.	Helling.	Afstand v. het perihelium.	Halve groote as.	Omlooptijd in jaren.	Excentriciteit.	Beweging.	NAAM VAN DEN ONTDEKKER.
vóór Chr.										
Oude tijdsrekening.										
1	Winter 371	150-210	270-330	30°	klein.					
1a	29 April 137	230	220	20	1.010					
1b	Julij 69	315	165	70	0.79					
1c	8,8 October 12	280	28	10	0.583					
na Chr.										
1d	14,2 Januari 66	325.0	32.7	40.5	0.445					
1e	29.1 Maart 141	251.9	12.8	17.0	0.720					
1f	10.0 Nov. 240	271.0	189.0	44.0	0.372					
2	20.6 Oct. 539	313.5	58 of 238	10.0	0.341					
3	14.5 Juli 565	80.0	159.5	59.0	0.832					
4	29.3 Aug. 568	318.6	294.2	4.1	0.907					
5	7.3 April 574	143.6	128.3	46.5	0.963					
6	6.6 Juni 770	2.1	88.9	59.5	0.603					
7	1.0 Maart 837	289.0	206.5	10 of 12°	0.580					
8	30.2 Dec. 961	268.0	350.6	79.5	0.352					
9	12.0 Sept. 989	264.0	84.0	17.0	0.368					
10	1.0 April 1066	264.9	25.8	17.0	0.720					
10a	15.0 Febr. 1092	156.3	125.7	28.9	0.928					
11	21.9 Sept. 1097	332.5	207.5	73.5	0.738					
12	30.3 Jan. 1231	134.8	13.5	6.1	0.948					
13	19.8 Juli. 1264	300.5	140.9	16.5	0.825					
14	31.3 Maart 1299	3.3	107.1	68.9	0.318					
15	24.0 Oct. 1301	312.0	138.0	13.0	0.640					
16	15.1 Juni 1337	2.3	93.0	40.5	0.828					
17	26.5 Nov. 1351	69.0	niet bep.	niet bep.	1.00					
18	2.3 Maart 1362	227.0	237.0	32.0	0.470					
18a	13.0 Oct. 1366	66.0	212.0	6.0	0.958					
19	8.8 Nov. 1378	299.5	47.3	17.9	0.583					
20	16.3 Oct. 1385	101.8	268.5	52.2	0.774					
21	4.4 Nov. 1433	281.0	133.8	79.0	0.339					
(19)	8.9 Juni 1456	301.0	48.5	17.9	0.586					
21a	3.7 Sept. 1457	92.8	256.1	20.3	2.103					
22	7.4 Oct. 1468	356.0	61.2	44.3	0.853					
23	28.2 Febr. 1472	48.0	207.5	1.9	0.565					
24	24.5 Dec. 1490	58.7	288.7	51.6	0.738					
24a	4.9 Jan. 1491	113.0	268.0	75.0	0.755					
25	3.7 Sept. 1506	256.6	132.8	45.0	0.386					
(19)	25.8 Aug. 1531	301.2	45.5	17.0	0.580					
26	18.3 Oct. 1532	111.8	78.4	32.6	0.519					
27	14.9 Juni 1533	217.7	299.3	28.2	0.327					
27a	22.2 April 1556	276.1	175.2	32.4	0.491					
28	10.5 Aug. 1558	329.8	332.6	73.5	0.577					
29	27.0 Oct. 1577	129.7	25.3	75.2	0.177					
30	28.5 Nov. 1580	108.4	19.1	64.6	0.602					
31	6.4 Mei 1582	256.3	229.3	60.8	0.168					
Nieuwe tijdsrekening.										
32	8.0 Oct. 1585	9.1	37.7	6.1	1.095					
33	8.0 Febr. 1590	218.0	165.6	29.5	0.568					
34	18.6 Juli 1593	176.3	164.2	88.0	0.089					
35	25.2 Juli 1596	270.9	330.3	52.0	0.567					
(19)	26.7 Oct. 1607	301.6	48.7	17.2	0.588					
36	17.1 Aug. 1618	318.3	293.4	21.5	0.513					
37	8.4 Nov. 1618	3.1	75.7	37.2	0.390					
38	12.7 Nov. 1652	28.3	88.2	79.5	0.847					
39	26.9 Jan. 1661	115.3	81.9	33.0	0.443					
40	4.5 Dec. 1664	130.7	81.3	21.3	1.026					
41	24.2 April 1665	71.9	228.0	76.1	0.106					

Numer.	JAAR EN DAG.	Leugte van het perihelium.	Leugte van den klimmen- den knoop.	Helling.	Afstand v. het perihelium.	Halve groote as.	Omlooptijd in jaren.	Excentriciteit.	Beweging.	NAAM VAN DEN ONTDEKKER.
42	28.8 Febr. 1668	277.0	357.3	36.0	0.005				R	Aegidius.
43	1.4 Maart 1672	47.0	297.5	83.4	0.697				D	
44	6.0 Mei 1677	137.6	236.8	79.1	0.281				R	Hevelius.
45	18.7 Aug. 1678	322.8	163.3	2.9	1.145	3.070	5.38	0.627	D	Lahire.
46	18.0 Dec. 1680	262.8	272.2	60.7	0.006	426.7	88.1	1.000	D	Kirch.
(19)	14.8 Sept. 1682	301.9	51.2	17.7	0.583	18.17	77.5	0.968	R	Flamsteed.
47	12.7 Juli 1683	86.5	173.3	83.8	0.553	33.03	190	0.983	R	Bianchini.
48	8.4 Juni 1684	238.9	268.2	65.8	0.960				D	
49	16.6 Sept. 1686	77.0	350.6	31.4	0.325				D	
50	29.2 Nov. 1689	269.7	90.4	59.1	0.019				R	Richand.
51	9.7 Nov. 1695	60.0	216.0	22.0	0.844				D	Jacob.
52	18.7 Oct. 1698	270.9	267.7	11.8	0.691				R	Lahire.
53	13.4 Jan. 1699	212.5	321.8	69.3	0.744				R	de Foutenay.
54	17.4 Oct. 1701	133.7	298.7	41.6	0.593				R	Palla.
55	13.6 Maart 1702	138.8	189.0	4.4	0.647				D	Bianchini.
56	30.2 Jan. 1706	72.6	13.2	55.2	0.427				D	Cassini.
57	12.0 Dec. 1707	79.9	52.8	88.6	0.860				D	Manfredi.
58	14.9 Jan. 1718	121.7	127.9	31.1	1.025				R	Kirch.
59	27.6 Sept. 1723	42.9	14.2	50.0	0.999				R	
60	12.8 Juni 1729	320.5	310.6	77.1	4.043				D	P. Sarabat.
61	30.4 Jan. 1737	325.9	226.4	18.3	0.223				D	
62	8.3 Juni 1737	262.6	123.9	39.2	0.867				D	
63	17.4 Juni 1739	102.6	207.4	55.7	0.674				R	Zanotti.
64	8.6 Febr. 1742	216.7	185.2	67.5	0.770				R	Grant.
65	10.9 Jan. 1743	93.0	67.5	2.3	0.838				D	Grischow.
66	20.9 Sept. 1743	246.6	5.3	45.8	0.522				R	Klinkenberg.
67	1.3 Maart 1744	197.2	45.8	47.3	0.222				D	Klinkenberg.
68	3.3 Maart 1747	277.0	147.3	79.1	2.199				R	Chéseaux.
69	28.8 April 1748	215.4	232.9	85.5	0.840				R	
70	18.9 Juni 1748	278.8	33.1	67.1	0.625				D	Klinkenberg.
71	21.4 Oct. 1757	122.6	214.1	12.7	0.339				D	Bradley.
72	11.1 Juli 1758	267.6	230.8	68.3	0.215				D	de la Nux.
(19)	13.6 Maart 1759	393.2	53.8	17.6	0.585	18.09	76.9	0.968	R	Palitzsch.
73	27.1 Nov. 1759	53.4	139.7	79.0	0.799				D	Messier.
74	16.5 Dec. 1759	139.1	79.3	4.7	0.962				R	
75	28.3 Mei 1762	104.0	348.6	85.6	1.009				D	Klinkenberg.
76	1.9 Nov. 1763	85.0	356.3	72.6	0.498	109.0	1137	0.995	D	Messier.
77	12.6 Febr. 1764	15.2	120.1	52.9	0.555				R	Messier.
78	17.4 Febr. 1766	143.3	244.2	40.8	0.505				R	Messier.
79	27.0 April 1766	251.2	74.2	8.0	0.399	2.934	5.025	0.864	D	Helfenzrieder.
80	7.6 Oct. 1769	144.2	175.1	40.8	0.123	63.46	2090	0.999	D	Messier.
81	13.5 Aug. 1770	356.3	132.0	1.6	0.674	3.163	6.626	0.786	D	Messier.
82	22.2 Nov. 1770	208.4	108.7	31.4	0.528				R	
83	19.2 April 1771	104.1	27.9	11.3	0.903				D	Messier.
84	8.0 Febr. 1772	97.4	263.4	17.6	0.912	2.822	4.741	0.677	D	Montagne.
85	5.6 Sept. 1773	75.2	121.1	61.2	1.127				D	Messier.
86	15.8 Aug. 1774	317.5	180.7	83.3	1.433				D	Montagne.
87	4.1 Jan. 1779	87.2	25.1	32.5	0.713				D	Messier.
88	30.8 S. pt. 1780	246.4	124.2	53.8	0.099				R	Messier.
89	28.9 Nov. 1780	246.9	141.0	72.1	0.515				R	Montagne en Olbers.
90	7.2 Juli 1781	239.2	83.0	81.7	0.776				D	Méchain.
91	29.5 Nov. 1781	16.1	77.4	27.2	0.961				R	Méchain.
92	29.5 Nov. 1783	50.3	55.7	45.1	1.459	3.260	5.888	0.552	D	Pigott.
93	21.2 Jan. 1784	80.7	56.8	51.2	0.708				R	de la Nux.
94	27.3 Jan. 1785	109.9	264.2	70.2	1.143				D	Messier en Méchain.
95	8.4 April 1785	297.5	64.6	87.5	0.427				R	Méchain.
96	30.9 Jan. 1786	156.6	334.1	13.6	0.335	2.208	3.281	0.848	D	Méchain.
97	8.6 Juli 1786	158.6	195.4	51.0	0.394				D	Karoline Herschel.
98	10.8 Mei 1787	7.7	106.9	48.3	0.349				R	Méchain.
99	10.3 Nov. 1788	99.1	156.9	12.5	1.063				R	Messier.
100	20.3 Nov. 1788	22.8	352.4	64.5	0.757				D	Karoline H. Herschel.
101	16.8 Jan. 1790	58.4	172.8	29.7	0.747				R	Karoline Herschel.
102	28.3 Jan. 1790	111.7	267.1	57.0	1.063				D	Méchain.
103	20.5 Mei 1790	275.0	35.2	63.6	0.791				R	Karoline Herschel.
104	13.5 Jan. 1792	36.3	190.7	39.8	1.293				R	Karoline Herschel.
105	27.3 Dec. 1792	135.9	283.2	49.1	0.967				R	Gregory.
106	4.8 Nov. 1793	228.7	108.5	60.3	0.403				R	Messier.
107	19.5 Nov. 1793	71.6	2.3	51.9	1.504				D	Perny.
(96)	21.4 Dec 1795	156.7	334.7	13.7	0.334	2.213	3.202	0.849	D	Karoline Herschel.
108	2.8 April 1796	192.7	17.0	64.9	1.578				R	Olbers.
109	9.1 Juli 1797	49.6	329.3	50.6	0.525				R	Bouvard, K. Herschel, Lee.
110	4.5 April 1798	105.1	122.2	43.7	0.485				D	Messier.

Nummer.	JAAR EN DAG.	Lengte van het perihelium.	Lengte van den klimmen-den knoop.	Helling.	Afstand v. het perihelium.	Halve groote as.	Omlooptijd in jaren.	Excentriciteit.	Beweging.	NAAM VAN DEN ONTDEKKER.
111	31.6 Dec. 1798	34° 5	249° 5	42° 4	0.780				R	Bouvard.
112	7.2 Sept. 1799	3.7	99.5	51.0	0.840				R	Méchain.
113	25.9 Dec. 1799	190.3	326.8	77.0	0.626				R	Méchain.
114	8.6 Aug. 1801	183.8	44.5	21.3	0.262				R	Pons en Messier.
115	9.9 Sept. 1802	332.2	310.3	57.0	1.094				D	Pons.
116	13.6 Febr. 1804	149.1	176.9	56.9	1.075				D	Pons.
(96)	21.5 Nov. 1805	156.8	334.3	13.6	0.340	2.213	3.292	0.846	D	Bouvard, Pons en Huth.
(84)	2.0 Jan. 1806	109.5	251.3	13.6	0.907	3.567		0.746	D	Pons.
117	28.9 Dec. 1806	97.1	322.4	35.0	1.082			1.010	D	Pons.
118	18.7 Sept. 1807	270.9	266.8	63.2	0.646	143.2	1714	0.995	D	Parisi.
119	13.0 Mei 1808	69.2	323.0	45.7	0.390				R	Pons.
120	12.2 Juli 1808	252.6	24.2	39.3	0.608				R	Pons.
121	29.1 Sept. 1810	52.7	310.4	61.2	0.976				D	Pons.
122	12.3 Sept. 1811	75.0	140.4	73.0	1.035	211.0	3069	0.995	R	Flaugergues.
123	11.0 Nov. 1811	47.5	93.0	31.3	1.582	91.51	875	0.983	D	Pons.
124	15.3 Sept. 1812	92.3	253.0	74.0	0.777	17.09	71	0.955	D	Pons.
125	4.5 Maart 1813	69.8	60.8	21.2	0.699				R	Pons.
126	19.5 Mei 1813	197.6	42.7	81.1	1.215				R	Pons.
127	26.0 April 1813	149.0	83.5	44.5	1.213	17.63	74	0.931	R	Olbers.
127a	1.4 Maart 1816	267.6	323.2	43.1	0.049				D	Pons.
127b	7.4 Febr. 1818	95.1	250.1	20.0	0.733				D	Pons.
128	26.0 Febr. 1818	182.8	70.4	89.7	1.198				D	Pons.
129	5.0 Dec. 1818	101.8	63.0	80.0	0.855			1.012	R	Pons.
(96)	27.3 Jan. 1819	157.0	334.6	13.6	0.335	2.214	3.295	0.849	D	Pons.
130	27.7 Juni 1819	287.1	273.7	80.8	0.341				D	Tralles.
131	18.9 Juli 1819	274.7	113.2	10.7	0.774	3.160	5.618	0.755	D	Pons.
132	20.3 Nov. 1819	67.3	77.2	9.0	0.893	2.849	4.810	0.687	D	Blaupain en Pons.
133	21.5 Maart 1821	239.5	48.7	73.6	0.092				R	Nicollot en Pons.
134	5.6 Mei 1822	192.7	177.4	53.6	0.504				R	Gambart.
(96)	24.0 Mei 1822	157.2	334.4	13.3	0.346	2.224	3.318	0.844	D	Pons.
135	16.0 Juli 1822	219.9	97.9	37.7	0.846				R	Pons.
136	23.8 Oct. 1822	271.7	92.7	52.7	1.145	309.7	5449	0.996	R	Pons.
137	9.5 Dec. 1823	274.6	303.0	76.2	0.226				R	Köhler.
138	11.5 Juli 1824	260.3	234.3	54.6	0.591				R	Rümker.
139	29.1 Sept. 1824	4.5	279.3	54.6	1.050				R	Scheithauer.
140	30.6 Mei 1825	273.9	20.1	56.7	0.890				R	Gambart.
141	18.4 Aug. 1825	9.8	193.1	88.5	0.883				D	Pons.
(96)	16.3 Sept. 1825	157.2	334.5	13.4	0.345	2.223	3.315	0.845	D	Pons.
142	10.7 Dec. 1825	318.8	215.7	33.5	1.241	267.9	4386	0.995	R	Pons.
(84)	18.4 Maart 1826	109.8	251.5	13.6	0.903	3.561	6.720	0.747	D	Biela.
143	21.9 April 1826	117.0	197.6	40.0	2.008				D	Pons.
144	29.0 April 1826	35.8	40.5	5.3	0.188				R	Flaugergues.
145	9.0 Oct. 1826	57.8	44.1	26.0	0.853				D	Pons.
146	18.3 Nov. 1826	315.5	235.1	89.4	0.027				R	Pons.
147	4.9 Febr. 1827	33.5	184.5	77.6	0.507				R	Pons en Gambart.
148	7.8 Juni 1827	297.5	318.2	43.6	0.808				R	Pons.
149	11.7 Sept. 1827	251.0	149.7	54.1	0.138	189.6	2611	0.999	R	Pons.
(96)	9.8 Jan. 1829	157.3	334.5	13.3	0.346	2.224	3.316	0.845	D	D'Abbadie.
150	9.3 April 1830	212.2	206.4	21.3	0.921				D	Heraopath.
151	27.7 Dec. 1830	311.0	337.9	44.8	0.126				R	Gambart.
(96)	4.0 Mei 1832	157.4	334.5	13.4	0.343	2.222	3.312	0.845	D	Pons.
152	25.5 Sept. 1832	227.9	72.4	43.3	1.184				R	Gambart.
(84)	26.1 Nov. 1832	109.9	248.2	13.2	0.879	3.537	6.652	0.731	D	Dunlop.
153	10.2 Sept. 1833	222.9	823.2	7.3	0.459				D	Gambart.
154	2.7 April 1834	276.6	226.8	5.9	0.515				R	Boguslawski.
155	27.6 Maart 1835	207.7	58.3	9.1	2.041				D	Pons.
(96)	26.4 Aug. 1835	157.4	334.6	13.4	0.344	2.223	3.314	0.845	D	Pons.
(19)	15.9 Nov. 1835	304.5	55.2	17.8	0.587	17.99	76.29	0.967	R	Pons.
(96)	19.0 Dec. 1835	157.5	334.6	13.4	0.344	2.222	3.313	0.845	D	Pons.
156	4.4 Jan. 1840	192.2	120.0	53.1	0.618			1.000	D	Galle.
157	13.0 Maart 1840	80.3	236.8	59.2	1.291	577.1	13864	0.998	R	Galle.
158	2.5 April 1840	324.2	186.0	79.9	0.748				D	Galle.
159	15.7 Nov. 1840	22.5	248.9	58.0	1.481	49.12	344	0.970	D	Bremiker.
(96)	12.0 April 1842	157.5	334.7	13.3	0.345	2.223	3.314	0.845	D	Pons.
160	16.6 Dec. 1842	327.3	207.8	73.6	0.504				R	Langier.
161	27.4 Febr. 1843	278.7	1.2	35.7	0.006	65.71	533	1.000	R	Pons.
162	6.0 Mei 1843	281.5	157.2	52.7	1.616				D	Manvais.
163	17.2 Oct. 1843	49.6	209.5	11.4	1.693	3.812	7.442	0.556	D	Faye.
164	2.5 Sept. 1844	342.5	63.8	2.9	1.186	3.100	5.459	0.617	D	de Vico.
165	17.4 Oct. 1844	180.4	31.7	48.6	0.855				R	Manvais.
166	13.7 Dec. 1844	296.0	118.3	45.6	0.252			1.000	D	Pons.
167	8.2 Jan. 1845	91.3	336.7	46.8	0.905				D	d'Arrest.

Nummer.	JAAR EN DAG.	Lengte van het perihelium.	Lengte van den klimmen-den knoop.	Helling.	Afstand v. het perihelium.	Halve groote as.	Omlooptijd in jaren.	Excentriciteit.	Beweging.	NAAM VAN DEN ONTDEKKER.
168	21.0 April 1845	192° 6	347° 1	56° 4	1.255				D	de Vico.
169	5.7 Juni 1845	262.0	337.8	48.7	0.402	39.66	249.8	0.990	D	Colla.
(96)	9.6 Aug. 1845	157.7	334.3	13.1	0.338	2.216	3.300	0.847	D	Pons.
170	22.1 Jan. 1846	89.1	111.1	47.4	1.481	194.9	2721	0.992	D	de Vico.
(84) A	11.0 Feb. 1846	109.0	245.9	12.6	0.856	3.520	6.603	0.757	D	Pons.
(84) B	11.1 Feb. 1846	109.0	245.9	12.6	0.856	3.519	6.601	0.757	D	Pons.
171	25.4 Febr. 1846	116.5	102.7	30.9	0.650	3.146	5.581	0.793	D	Brorsen.
172	5.6 Maart 1846	90.5	77.6	85.1	0.664	17.58	73.7	0.962	D	de Vico.
173	27.9 Mei 1846	82.5	161.3	57.6	1.376				R	de Vico en Hind.
174	1.1 Juni 1846	239.8	260.2	31.0	1.538	6.321	15.89	0.757	D	C. H. F. Peters.
175	5.5 Juni 1846	162.1	261.9	29.3	0.634	62.99	500	0.990	R	Brorsen.
176	29.9 Oct. 1846	98.8	4.6	49.7	0.829	123	1390	0.993	D	de Vico.
177	30.3 Maart 1847	276.0	21.7	48.6	0.043	489	10818	1.000	D	Hind.
178	4.7 Juni 1847	141.6	174.0	79.6	2.115				R	Colla.
179	9.4 Aug. 1847	246.7	338.3	83.5	1.767			0.999	R	Mauvais.
180	9.4 Aug. 1847	21.3	76.7	32.6	1.485				R	Schweizer.
181	9.5 Sept. 1847	79.2	309.8	19.1	0.488	17.8	75	0.973	D	Brorsen.
182	14.4 Nov. 1847	274.2	190.8	71.8	0.329			1.000	R	Miss Mitchell.
183	8.1 Sept. 1848	310.6	211.5	84.4	0.320				R	Petersen.
(96)	26.1 Nov. 1848	157.8	334.4	13.1	0.337	2.215	3.296	0.848	D	Petersen.
184	19.4 Jan. 1849	63.2	215.2	85.0	0.960				D	Gonjon.
185	26.5 Mei 1849	235.7	202.5	67.2	1.159				D	Schweizer.
186	8.2 Juni 1849	267.1	30.5	66.9	0.894	412	8375	0.998	D	Schweizer.
187	23.5 Juli 1950	273.4	92.9	68.2	1.081	940	28800	0.999	D	Petersen.
188	19.3 Oct. 1850	89.2	206.0	40.1	0.565				D	Bond.
(163)	1.8 April 1851	49.7	209.5	11.4	1.700	3.819	7.462	0.555	D	d'Arrest.
189	8.7 Juli 1851	322.9	148.4	13.9	1.173	3.444	6.390	0.659	D	d'Arrest.
190	26.2 Aug. 1851	311.0	223.7	38.2	0.984	313	5550	0.997	D	Brorsen.
191	30.8 Sept. 1851	338.8	44.4	74.0	0.141				D	Brorsen.
(96)	14.7 Maart 1852	157.9	334.4	13.1	0.337	2.215	3.297	0.848	D	Pons.
192	20.6 April 1852	278.7	317.5	49.2	0.913			1.053	R	Chacornac.
(84) A	23.7 Sept. 1852	109.1	245.9	12.6	0.861	3.526	6.621	0.756	D	Pons.
(84) B	23.1 Sept. 1852	109.1	245.9	12.6	0.861	3.525	6.619	0.756	D	Pons.
193	12.8 Oct. 1852	43.2	346.2	40.9	1.250	15.44	60.7	0.919	D	Westphal.
194	24.0 Febr. 1853	153.7	69.6	20.3	1.092				R	Sechi.
195	9.8 Mei 1853	201.7	41.0	57.8	0.909	85.1	785	0.989	R	Schweizer.
196	1.7 Sept. 1853	310.9	140.5	61.5	0.307				D	Klinkerfues.
197	16.6 Oct. 1853	302.2	220.1	61.0	0.173			1.001	R	Bruhns.
198	3.9 Jan. 1854	56.1	227.0	66.1	2.045				R	van Arsdale.
199	24.0 Maart 1854	213.8	315.5	82.5	0.277				R	Pons.
200	22.0 Juni 1854	273.1	347.7	71.3	0.648				R	Klinkerfues.
201	27.5 Oct. 1854	94.4	324.5	40.9	0.799	119.6	1309	0.993	D	Klinkerfues.
202	15.7 Dec. 1854	165.2	238.1	14.1	1.358	99.8	997	0.986	D	Winnecke en Dien.
203	5.1 Febr. 1855	226.6	189.7	51.4	2.194	63	500	0.956	R	Schweizer.
204	30.2 Mei 1855	237.7	260.3	23.1	1.567				R	Donati.
(96)	1.2 Juli 1855	157.9	334.4	13.1	0.337	2.215	3.295	0.848	D	Pons.
205	25.4 Nov. 1855	86.0	51.6	10.2	1.231				R	Bruhns.
206	21.4 Maart 1857	74.7	313.2	87.9	0.772				D	d'Arrest.
(171)	29.2 Maart 1857	115.7	101.8	29.8	0.621	3.139	5.562	0.802	D	Bruhns.
207	18.0 Juli 1857	249.6	23.7	59.0	0.367	367	7040	0.999	R	Klinkerfues.
208	24.0 Aug. 1857	21.8	206.8	32.8	0.747	38.05	235	0.980	D	S. H. F. Peters.
209	30.9 Sept. 1857	250.1	15.0	56.1	0.563	182	2463	0.997	R	Klinkerfues.
210	19.1 Nov. 1857	44.2	139.3	37.8	1.009	335	6143	0.997	R	Donati en van Arsdale.
(189)	28.2 Nov. 1857	323.1	148.5	13.9	1.170	3.440	6.380	0.660	D	Tuttle.
(102)	23.5 Febr. 1858	115.9	269.1	54.4	1.025	5.736	13.70	0.821	D	Winnecke.
(131)	2.0 Mei 1858	275.7	113.6	10.8	0.769	3.139	5.560	0.755	D	Tuttle.
211	2.3 Mei 1858	196.0	170.7	28.0	1.210				R	Bruhns.
212	5.3 Juni 1858	226.1	325.0	80.0	0.554				D	Pons.
(163)	12.9 Sept. 1858	49.8	209.7	11.4	1.694	3.813	7.445	0.556	D	Donati.
213	30.0 Sept. 1858	36.2	165.3	63.0	0.578	153.3	1880	0.996	R	Tuttle.
214	12.8 Oct. 1858	4.2	159.8	21.3	1.427	330	6000	0.996	R	Tuttle.
(96)	18.4 Oct. 1858	158.0	334.5	13.1	0.341	2.218	3.304	0.846	D	Pons.
215	20.1 Mei 1859	75.3	357.3	84.5	0.201				R	Tempel.
216	16.7 Febr. 1860	173.8	324.1	79.6	1.197				D	Liais.
217	5.6 Maart 1860	50.1	8.9	48.2	1.307				D	Rümker.
218	16.1 Juni 1860	161.5	84.7	79.3	0.293				D	Pons.
219	28.3 Sept. 1860	112.0	104.2	28.2	0.954				R	Tempel.
220	3.4 Juni 1861	243.4	29.9	79.8	0.921	55.68	415	0.983	D	Thatcher.
221	11.5 Juni 1861	249.1	279.0	85.4	0.822	56.1	420	0.985	D	Tebbutt.
222	7.2 Dec. 1861	173.5	145.1	42.0	0.839				R	Tuttle.
(96)	6.2 Febr. 1862	158.0	334.5	13.1	0.340	2.217	3.302	0.847	D	Pons.
223	22.0 Juni 1862	292.3	336.5	7.9	0.981				R	Schmidt en Tempel.

Numer.	JAAR EN DAG.	Leigte van het perihelium.	Leigte van den klimmen-den knoop.	Italing.	Afstand v. het perihelium.	Halve groote as.	Omloopstijdt in jaren.	Excentriciteit.	Beweging.	NAAM VAN DEN ONTDEKKER.
224	22.9 Aug. 1862	344.7	137.4	66.4	0.963	24.85	124	0.961	R	Tuttle.
225	28.2 Dec. 1862	125.2	355.7	42.4	0.803				R	Respighi.
226	3.5 Febr. 1863	191.4	116.9	85.4	0.795				D	Brubus.
227	4.9 April 1863	247.3	251.3	67.4	1.068				R	Klinkerfues.
228	20.9 April 1863	305.8	250.2	85.5	0.629				D	Respighi.
229	9.5 Nov. 1863	94.7	97.5	78.1	0.707				D	Tempel.
230	27.8 Dec. 1863	60.4	304.7	64.5	0.772				D	Respighi.
231	29.2 Dec. 1863	183.1	105.0	83.3	1.313				D	Bäker.
232	27.7 Juli 1864	185.5	174.9	45.0	0.664				R	Donati.
233	15.6 Aug. 1864	304.2	95.2	1.9	0.909				R	Tempel.
234	11.8 Oct. 1864	159.5	31.7	70.2	0.934				R	Donati en Toussaint.
235	22.5 Dec. 1864	231.7	203.2	48.9	0.771				D	Bäker.
236	27.7 Dec. 1864	162.4	340.9	17.1	1.115				R	Brubus.
237	14.3 Jan. 1865	141.3	253.1	87.5	0.026				R	
238	11.2 Jan. 1866	60.5	231.4	17.3	0.977	10.32	33.18	0.905	R	Tempel.
239	19.9 Jan. 1867	75.9	78.6	18.2	1.574	10.42	33.62	0.849	D	Coggia.
240	23.8 Mei 1867	236.0	101.2	6.4	1.174	3.173	5.632	0.862	D	Tempel.
241	7.0 Nov. 1867	276.4	65.0	89.4	0.330				D	Bäker.
(171)	17.4 April 1868	116.0	101.2	29.4	0.625	3.110	5.484	0.808	D	
242	26.0 Juni 1868	287.1	53.7	48.2	0.582				R	Winnecke.
(96)	15.0 Sept. 1868	158.2	334.6	13.1	0.334	3.212	3.289	0.849	D	
(131)	30.0 Juni 1869	275.9	113.6	10.8	0.788	3.151	5.599	0.750	D	
243	10.0 Oct. 1869	123.2	311.5	68.3	1.231				R	Tempel.
244	20.9 Nov. 1869	41.3	292.7	6.9	1.103				D	Tempel.
245	13.9 Juli 1870	303.4	141.5	58.1	1.007				R	Winnecke.
246	2.2 Sept. 1870	18.0	12.9	80.7	1.817				R	Coggia.
(189)	23.6 Sept. 1870	318.7	146.4	15.7	1.280	3.507	6.57	0.635	D	
247	19.9 Dec. 1870	4.1	94.7	32.7	0.389				R	Winnecke.

Op Plaat 7 zijn eenige kometen afgebeeld. Fig. 41 stelt de schoone komeet van Donati van het jaar 1858 voor, zooals zij zich op den vijftien October aan het ongewapend oog vertoonde; de ster nevens de kern is Arcturus of α Bootis, de gekromde hoofdstaart wordt breeder naarmate men zich verder van de kern verwijderd, maar tevens zwakker van licht; de beide flauwe reeds bovengenoemde bijstaarten waren alleen te zien als men met groote aandacht de komeet beschouwde.

Fig. 12 vertoont dezelfde komeet, zooals zij op den 2den October in den kijker gezien is; men ziet van de kleine schitterende kern het licht uitstralen en vele lichtsectoren zijn zeer kennelijk; midden door den staart loopt een donkere zwarte streep, die haar in tweeën scheidt. Zij is in de nabijheid van de kern aan beide randen even helder en de ongelijkheid in licht openbaart zich eerst op een grooten afstand van de kern.

Fig. 13 stelt de komeet van Halley voor, zooals zij op den 28sten October 1835 met het ongewapend oog gezien is; de kern is omgeven van een nevelachtig omhulsel, de staart bijna overal even breed en sterk in licht afnemend, naarmate men zich meer van de kern verwijderd.

Fig. 14 vertoont de schitterende komeet van het jaar 1811, zooals zij op den 10den September geteekend werd; de kern is zeer helder en vrij groot, de staart is voorzien van zeer lichte randen, heeft in het midden een donkere streep, en breidt zich naarmate men verder van de kern afgaat naar beide zijden gelijkmatig uit, terwijl hij bij de komeet van het jaar 1858 aan de ene zijde hol en aan de andere hol was.

e) De vallende sterren, meteoren en vuurkogels.

Het verschijnen van deze lichamen is bekend, en wie den hemel slechts met eenige aandacht beschouwd heeft, zal wel eens een lichtgevend voorwerp waargenomen hebben, dat zich aan den hemel plotseling vertoont, met groote snelheid loodrecht of in schuinsche richting uit den hemel op de aarde, zelden in tegenovergestelde richting, valt, en na enkele seconden op kleinere of grootere hoogte verdwijnt. Gemeenlijk ziet men deze lichtverschijnselen 's avonds of des nachts, en slechts enkele malen heeft men bij een bewolkten hemel of bij volkomen heldere lucht over dag meteoren gezien.

Vallende sterren, vuurkogels en aërolithen zijn naar het schijnt lichamen van dezelfde natuur, die zich alleen onderscheiden door hunne grootte, wellicht ook een weinig in hunne chemische samenstelling verschillen. Het tadrijkst zijn de vallende sterren, en de gemiddelde hoogte waarop zij zich aan ons vertoonen wordt geschat op 15 mijlen, de snelheid harer beweging bedraagt gemiddeld 6 mijlen in de seconde, en kan van 3 tot 24 mijlen belooopen.

Uit het groote aantal dat men ziet leidt men af, dat binnen 24 uren er op de geheele

oppervlakte der aarde gewoonlijk niet meer dan 71 miljoen gezien kunnen worden, en bij uitzondering is haar aantal zoo groot geweest, dat de meteoren als sneeuwvlokken den geheelen hemel doorkruisten. Beroemd is de regen van vallende sterren, op den 12den November 1799 door Humboldt en Bonpland in Amerika gezien en waarvan eerstgenoemde geleerde bewezen heeft, dat hij gelijktijdig waargenomen is op eene vlakte-ruimte van 921000 vierkante mijlen. Op den 12den November 1833 vielen er weder eene zoo groote menigte vallende sterren, dat naar eene schatting van Arago gedurende drie uren op eene waarnemingsplaats minstens 1 miljoen gezien kon worden. Op den nacht tusschen den 13den en 14den November 1866 en 1867 hadden wederom dergelijke regens van vallende sterren plaats, en de periode van 33½ jaren, waarin men vermoede dat de terugkeer van zoogenaamde vallende sterren-zwermen plaats moest hebben, werd daardoor volkomen zeker.

Uit het terugkeeren van het verschijnsel in verscheidene op elkander volgende jaren heeft men afgeleid, dat de groep millioenen mijlen lang moet zijn en een loopbaan moet hebben, wier perihelium in de nabijheid van onze aarde ligt en wier aphelium tot de loopbaan van Uranus reikt; de loopbaan van deze groep is dus een zeer langwerpige ellips. Omdat het punt aan den hemel, van waar de afzonderlijke vallende sterren schijnen te komen, in het sterrenbeeld de Leeuw ligt, heeft men deze groep de Leoniden genoemd. Een andere groep, die wij in Augustus en wel op den 10den zien, en die uit het sterrenbeeld Perseus komt, heet de Perseiden, en volgens de berekening moet deze groep 2300 mill. mijlen lang en 1 mill. mijl breed zijn. Andere groepen zijn in April en in andere maanden zichtbaar en hoogst waarschijnlijk bestaan er in ons zonnestelsel eene groote menigte van dergelijke kometen.

Omdat de loopbanen, welke men berekende, met die van enkele kometen, b. v. de loopbaan van de Novembergroep met die van komeet I 1866, die van de Augustusgroep met de loopbaan van komeet III 1862, bijna overeenkwamen, heeft men beweerd dat de groepen van vallende sterren niets anders zijn dan de nog voorhanden zijnde overblijfsels van kometen, waaruit zich de groepen van vallende sterren gevormd hebben.

De spectra van de kernen der meteoren — men onderscheidt een kern en een staart — zijn meestal onafgebroken, terwijl men met uitzondering van violet alle kleuren van het zonnespectrum ziet, in enkele gevallen echter heeft het geel in het spectrum de overhand; zoo is bij de Augustus-meteor en de gele streep het helderst, terwijl bij de November-meteor het blauwgroen en staalgrauw het sterkst in het spectrum spreekt en homogeen schijnt te zijn. Ook ontbreekt de gele streep, welke zich in de staarten van de Augustus-meteor vertoont, in die van de November-meteor, en alzoo bestaat er in de scheikundige samenstelling der Leoniden en der Perseiden een onderscheid, terwijl de kernen bij beide schijnen te bestaan uit een vaste stof van dezelfde samenstelling. Uit het weinige, dat wij weten, volgt dat de groepen van vallende sterren van kosmischen oorsprong zijn en uit de diepte van het wereldruim als sporadische verschijnselen in hyperbolische of parabolische loopbanen tot ons komen, of wel zich in gesloten banen bewegen, welke ontstaan door de aantrekkingskracht van de zon en van de grootere planeten en, gelijkvormig aan de loopbanen der periodische kometen, langwerpige ellipsen zijn, in wier eene brandpunt de zon staat.

III. DE NATUURKUNDIGE STERRENKUNDE.

Onder de algemeene eigenschappen, die wij aan alle lichamen toekennen, b. v. grootte, vorm, ondoordringbaarheid, behoort ook de verandering van hunne plaats in de ruimte, welke wij de beweging noemen en waardoor de lichamen nader bij elkander komen of zich van elkander verwijderen. De oorzaken van de beweging en de werking, welke de lichamen wederkeerig op elkander uitoefenen, noemen wij kracht, zonder tot nu toe te weten, wat eigenlijk kracht is.

De tusschen de kleinste atomen van een lichaam werkende kracht, welker werkingskring zeer eng is en waardoor de samenhang, de vastheid en de dichtheid van dat lichaam ontstaat, noemen wij moleculaire kracht of moleculaire aantrekking, daarentegen heet die kracht welke teweegebrengt, dat een lichaam op grooten afstand op een ander werkt en welke de beweging van lichamen om elkander veroorzaakt, de algemeene aantrekkingskracht, de algemeene zwaartekracht of de graviteit.

Een gevolg van de werking der zwaartekracht is onder anderen ook de val der lichamen op onze aarde, en deze vrije val moet Newton op het denkbeeld gebracht hebben om te onderzoeken of niet dezelfde kracht, welke de lichamen naar de aarde trekt, ook de maan aantrekt en de beweging van de maan om de aarde veroorzaakt. De maan moest namelijk, indien zij niet door de aarde aangetrokken werd, in de laatste richting harer beweging voort blijven gaan en zich dus altijd verder van de aarde verwijderen; door de aantrekkingskracht nadert zij zooals ieder vrijvallend lichaam tot de aarde, en uit beide gelijktijdig bestaande bewegingen, waarvan de eene tangential en de andere radiaal is, ontstaat de samengestelde, ten gevolge waarvan zij een gesloten baan om de aarde beschrijft.

Door vergelijking van de snelheid waarmede de lichamen op de aarde vallen met die waarmede de maan tot de aarde nadert, vond Newton, dat de eerstgenoemde omtrent 3600 malen

grooter is dan de laatstgenoemde en omdat de maan 60 malen verder van de aarde verwijderd is dan de straal der aarde lang is, besloot hij dat de aantrekkingskracht evenredig is aan de tweede machten der afstanden waarop zij werkt.

Reeds in 1666 was Newton bijna tot deze gewichtige uitkomst geraakt, hij had echter voor de middellijn der aarde eene onjuiste waarde aangenomen en het verschil tusschen de berekende snelheid waarmee de maan op de aarde moet vallen en de waargenomen bedroeg een zevende deel van het geheele bedrag, welk verschil hem er toe bracht om het onderzoek te laten varen. Eerst toen hij in het jaar 1682 de, uit de graadmeting van Picard gevondene, afmetingen van de aarde nauwkeurig verkregen had, berekende hij opnieuw, vond de volkomene overeenstemming tusschen berekening en waarneming en kwam hij tot de ontdekking van deze belangrijke wet. Latere onderzoekingen leidden Newton tot de uitbreiding van de wet, die leerde dat de hemellichamen elkander ook onderling naar verhouding hunner massa's aantrekken en de regel: de aantrekking van ieder lichaam is gelijk aan zijne massa gedeeld door de tweede macht van zijn afstand, is de grondstelling der natuurkundige sterrenkunde.

Newton beschreef zijne ontdekkingen in een boek getiteld: „Principia philosophia naturalis mathematica“ 1686, en uit de wet der aantrekking laten zich, vooral als men twee lichamen aanneemt, de loopbanen der beide lichamen om elkander bepalen, terwijl daaruit volgt dat die banen immer kegelsneden zijn.

Hoe eenvoudig ook de beweging van twee lichamen om elkander is, zij wordt samengesteld wanneer er een derde lichaam bijkomt, terwijl alle drie met hunne massa's op elkander invloed uitoefenen, en de bepaling van de beweging der drie lichamen noemt men het problema der drie lichamen, welk vraagstuk behoort tot de moeilijkste in de sterrenkunde voorkomende en dat zelfs met behulp van de hoogere wiskunde nog niet volledig opgelost is.

De verdeling der hemellichamen in ons zonnestelsel is echter zoodanig, dat bij het uitvoeren der berekeningen betreffende de beweging der hemellichamen wezenlijke vereenvoudigingen kunnen worden aangebracht. De massa van het centraallichaam, de zon, overtreft die van de grootste planeet Jupiter, zooals zij gezien hebben, 1048 malen, en die van alle planeten te zamen 700 malen. Bovendien zijn de planeten zeer ver van elkander verwijderd en oefenen daarom weinig invloed op elkander uit, en tengevolge daarvan zijn de afwijkingen, welke de planeten door hare wederkeerige aantrekkingen in hare regelmatige loopbanen ondervinden, klein. Men geeft die afwijking den naam van storingen of perturbaties.

Omdat alzoo in het algemeen door het samenstellen van vele daartoe gunstige omstandigheden de storingen zeer gering zijn, is het geoorloofd de berekeningen voor de afzonderlijke planeten te scheiden, zoodat daardoor te gelykertijd altijd slechts drie lichamen: de zon, de gestoorde en de storende planeet in aanmerking komen, en juist hierdoor is de zoeven genoemde naam, het problema der drie lichamen, voor de berekeningen van de storingen ontstaan.

Onder de verschillende omstandigheden, waardoor de berekening van storingen vereenvoudigd wordt, behoort ook deze, dat de loopbanen der planeten ten opzichte van de elliptica weinig heilen en dus de stand der baan door den storenden invloed weinig verandert. Indien al de loopbanen der planeten gezamenlijk in één vlak lagen dan zoude haar stand zich in het geheel niet veranderen. Bij de kleine planeten, wier loopbanen ten opzichte van de elliptica tot 35° helling hebben, komen, vooral door Jupiter, aanzienlijke storingen in de knopen voor. Eene andere gunstige omstandigheid is ook bij de groote planeten de vrij kleine excentriciteit, en indien alle loopbanen cirkels waren, zouden de halve groote assen altijd geheel onveranderd blijven. Ook hier maken de kleine planeten weder eene uitzondering, daar bij velen van haar de excentriciteit $\frac{1}{2}$ bedraagt, terwijl die der loopbaan van Mercurius niet meer dan $\frac{1}{4}$ en die van Jupiter nog niet $\frac{1}{6}$ is.

De storingen der kleine planeten, welke door hunne grotere nabijheid tot Jupiter dikwijls zeer aanzienlijk zijn, geven daarom zeer groote moeilijkheden, en eerst in den jongsten tijd is het in het bijzonder door de pogingen van Hansen gelukt, de volstrekte storingen die zij ondervinden te berekenen. Men zegt dat storingen volstrekt berekend zijn, als men ze voor elken willekeurig gekozen tijd aan de berekening ontleenen kan. Dikwijls is het echter voldoende, de storingen van een kort tijdsverloop te kennen, men berekent in dat geval achtereenvolgens met korte tusschentijden het bedrag van de storingen, noemt ze afzonderlijke storingen en telt haar bedrag bij de voor het beginpunt geldende elementen, of wel men verbetert de elliptische plaats met het bedrag der afzonderlijke storingen.

De volstrekte storingen worden in twee klassen verdeeld, in periodieke en seculaire. Omdat de aantrekking, welke twee planeten op elkander uitoefenen, afhangt van de plaats waar zij zich bevinden, en beide hemellichamen na een bepaald aantal jaren weder dezelfde standen met betrekking tot elkander innemen, verkrijgen ook de storingen na een reeks van jaren, dus binnen bepaalde perioden, haar bedrag terug en deze storingen noemt men periodieke.

Alle planeten echter werken op elken storen, en omdat na een lange reeks van jaren de planeten met betrekking tot elkander weder denzelfden stand innemen en de storingen, welke in het bijzonder aan den stand van de vlakten der loopbanen zich openbaren, terug-

keeren, waarbij evenwel de perioden in tegenoverstelling van de bovengenoemde meestal duizenden jaren omvatten, noemt men deze soort van storingen saeculaire. Beide klassen van storingen kunnen afzonderlijk behandeld en aan de berekening onderworpen worden, en om een algemeen overzicht te verkrijgen, zullen wij eenige van de voornaamste storingen beschouwen.

De storingen van de maan zijn, omdat de maan in vergelijking van de aarde vrij groot en haar afstand gering is, en op de maan de in massa zooveel grotere zon voornamelijk invloed uitoefent, van de aarde gezien grooter dan die van alle andere hemellichamen.

Door de aantrekkingskracht van de zon op de in een ellips zich om de aarde bewegende maan is de lengte der maan tijdens nieuwe en volle maan, dus tijdens de syzygiën, altijd grooter, dan zij volgens de zuiver elliptische beweging zijn moest, terwijl zij tijdens de quadraturen even zooveel (bijna $1\frac{1}{2}$) te klein is. Deze storing, het eerst door Hipparchus ontdekt, noemt men Evectie en is eene periodieke, daar zij telkens na iederen omloop terugkeert.

Evenzoo is de lengte van de maan in de vier punten, die tusschen de syzygiën en quadraturen inliggen, in de octanten, $\frac{1}{2}$ grooter dan zij volgens de lengte tijdens de syzygiën en quadraturen zijn moest: deze storing, in de 10^e eeuw door den Arabischen sterrenkundige Abulwefa ontdekt, heet de Variatie.

Eene derde periodieke storing van de maan heeft een duur van één jaar en hangt af van den grooteren of kleineren afstand van de aarde tot de zon, zij klinkt tot $\frac{1}{2}$; werd door Tycho Brahe ontdekt en wordt de jaarlijksche vereffening genoemd.

Laplace ontwikkelde het eerst uit de theorie de storingen der maan van langere perioden. Eene daarvan bedraagt niet meer dan $14''$ en heeft een duur van 184 jaren. Eene andere storing hangt af van de afplatting van onze aarde, nog eene andere van de grootte der parallaxis van de zon, en uit de storingen der maan heeft men gevonden, dat de waarde van de parallaxis der zon, welke uit de beide overgangen van Venus voorbij de zonneshijf van de vorige eeuw ten bedrage van 857 afgeleid was, grooter moest zijn.

Bij de storingen der planeten bestaat er eene merkwaardige tusschen Jupiter en Saturnus, die Halley reeds waargenomen heeft en daarin bestaat, dat de omlooptijd van Saturnus ten tijde dat Hipparchus leefde grooter en die van Jupiter kleiner dan nu was. Euler en Lagrange poogden te vergeefs deze storingen door den analysis te verklaren. Laplace vond eindelijk dat de oorzaak er van hierin bestond, dat, dewijl bijna vijf omloopen van Jupiter gelijk twee omloopen van Saturnus zijn, bij de storingen van Saturnus door Jupiter tweegevoerd een term ontstaat, welke klinkt tot $2950''$ en bij de storingen van Jupiter door Saturnus veroorzaakt een andere, wiens grootste waarde $1200''$ is. Daar nu de periode dezer storingen voor beide planeten bijna 930 jaren bedraagt, neemt binnen dat tijdvak de gemiddelde beweging van de eene planeet toe, die van de andere af, en omgekeerd.

Onder de saeculaire, op den stand van de baan betrekking hebbende storingen van de maan is de beweging van de knopen der maan, die jaarlijks meer dan $19''$ bedraagt, de aanzienlijkste. Eene andere storing verandert de lijn der apsiden van de maanbaan jaarlijks omtrent $40''$. Uit de eerste ontstaat de draconische maand van $27,212$ dagen, uit de tweede de anomalistische maand van $27,555$ dagen.

Ook is de gemiddelde beweging van de maan aan eene langzame verandering onderworpen. De omlooptijd van de maan is gedurende 2000 jaren steeds korter geworden. De oorzaak hiervan ligt in de veranderlijkheid der excentriciteit van hare loopbaan, en om dezelfde reden wordt ook de beweging der apsiden- en knopenlijnen der maanbaan steeds kleiner. De eerste verandert in 100 jaren omtrent $50''$, de laatste in 100 jaren omtrent $7''$. De wiskunde heeft echter aangetoond, dat de excentriciteit van de loopbaan der aarde eene bepaalde hoeveelheid kleiner wordt en dan weder in grootte toeneemt, en bij dien overgang zullen ook de saeculaire storingen van de maan van teken verwisselen.

Voor een dertigtal jaren behaalde de natuurkundige sterrenkunde een der grootste zegepraalen. Nadat het door berekening was gebleken, dat de beweging van de planeet Uranus niet volkomen verklaard kon worden uit de elliptische beweging, gewijzigd door de storingen tevoeggebracht door de toenmaals bekende planeten, kwam men van meer dan eene zijde op het denkbeeld, dat er wellicht nog eene onbekende verwijderde planeet voorhanden kon zijn, die de aan het licht gebrachte storingen zoude kunnen verklaren. Toen Leverrier en Adams in het begin van 1840 hunne berekeningen begonnen en eene zoodanige planeet veronderstelden, was de ontdekking van Neptunus de schitterendste uitkomst en de schoonste vrucht, welke die zware taak aan de wetenschap geschenken heeft.

Al onze grotere planeten hebben een afgeplattten vorm, en door berekening kan men gestreng bewijzen dat eene gasvormige of vloeibare massa, hebbende eene dichtheid welke zich naar gelijke of bepaalde wetten verandert, den vorm van een sphaeroïde moet aannemen, dus van een lichaam, dat ontstaat als men eene ellips om hare kleine as omwentelt. Uit de grootte der afplatting laat zich ook afleiden, of het lichaam overal dezelfde dichtheid heeft of niet. Neemt men eene zekere dichtheid en een bepaalden omwentelingsuur aan en gaat men den invloed na welken de aantrekking van een ander lichaam op het sphaeroïdische hebben moet,

dan geraakt men tot de uitkomst, dat de snijpunten der loopbaan met het draaiingsvlak veranderen moeten, en het teruggaan der aequinoctiën, de *precessie*, is dus een noodwendig gevolg van de aantrekkingskracht der maan op de sphaeroidisch gevormde aarde. Het deel der *precessie*, dat alleen door de maan wordt teweeggebracht, noemt men *lunisolaire precessie*, een ander, veel kleiner gedeelte moet echter ook ontstaan uit de aantrekking der planeten en de *planetenprecessie*, welke jaarlijks niet ten volle 0,4 bedraagt, voegt zich bij de *lunisolaire precessie*, die 50,2 groot is. De verklaring der reeds door Hipparchus ontdekte *precessie* en hare nauwkeurige berekening is eerst mogelijk geworden, toen men de aantrekkingskracht aan de berekening konde onderwerpen.

Ook de heen en weer gaande beweging van de as der aarde, de *nutatie*, is een gevolg van de aantrekking van de maan op de aarde en hangt te zamen met de bovengenoemde verandering van de knopen der maanbaan. Op Tafel 11, fig 3, is de beweging der pool van den aequator p om de pool van de *ecliptica* P , teweeggebracht door de *precessie* en de *nutatie*, voorgesteld, echter is de *nutatie*, om haar zichtbaar te kunnen maken, door de gezogde lijn pp zeer vergroot afgebeeld.

Dat eb en vloed teweeg worden gebracht door de aantrekking van de maan op het vloeibare gedeelte van de aarde, is reeds vroeger gezegd, doch ook in onzen dampkring moet een eb en vloed plaats hebben, en door de dagelijkse veranderingen van den barometerstand en den wind, wiens richting en kracht afhangen van het oogenblik van den dag, worden zij ons geopenbaard. Zij richten zich echter meer naar den loop van de zon dan naar die van de maan, en de theorie toont aan, dat de aantrekking van beide hemellichamen op onze aarde alleen kleine veranderingen in den barometerstand van nauwelijks $\frac{1}{10}$ millimeter teweeg kan brengen, terwijl de overige waargenomen veranderingen in den stand van den barometer afhangen van de dagelijkse verandering der temperatuur.

De aantrekkingskracht is niet alleen de oorzaak, dat de hemellichamen in bepaalde loopbanen zich bewegen en dat in die beweging storingen ontstaan, maar ook brengt zij een bijzonder verschijnsel bij de maan teweeg, hetwelk wij niet onvermeld mogen laten.

Eene onwetteling van de maan om hare as wordt, daar zij steeds dezelfde zijde naar ons toekeert, in denzelfden tijd volbracht, waarin de maan om de aarde hare loopbaan beschrijft, en evenzo is dit het geval bij de satellieten van Jupiter en waarschijnlijk bij al de waachters van ons planetenstelsel. Omdat de wetteling van de maan om hare as even als die van onze aarde volkomen regelmatig is, daarentegen de beweging in de *ellips* naar gelang van den afstand tot de aarde nu eens sneller dan weder langzamer plaats heeft, dus onregelmatig is, zien wij van de oppervlakte der maan nu eens een klein gedeelte meer van de oostzijde, dan weder een klein gedeelte van de westzijde, dan bij eene regelmatige beweging mogelijk zoude zijn; men noemt dat verschijnsel de *libratie*, en daar bovendien de rotatie-as van de maan op het vlak van hare loopbaan niet loodrecht staat, maar omtrent 83° helt, zien wij nu eens deelen van de maan aan de van ons afgewende zijde van de noordpool dan weder gedeelten aan de van ons afgewende zijde van de zuidpool; het eerste verschijnsel noemen wij *libratie* in lengte, het tweede *libratie* in breedte.

Enige grootheden in ons stelsel blijven trots al de storingen geheel onveranderlijk, zij zijn alleen onderworpen aan de periodieke storingen, die elkander dus na korte tijdsverloopen weder opheffen. Tot die onveranderlijke grootheden behoort de richting van de as der aarde; de afplating van de aarde brengt het hare er toe bij om die richting te behouden. Verder is de onveranderlijkheid van den duur der dagen uit de omloopstijden van onze aarde bewezen. Door het waarnemen van den omloopstijd is gebleken, dat sedert men weet dat men met waarnemen is begonnen, geene verandering in de lengte van den dag ten bedrage van $\frac{1}{100}$ seconde ontstaan is.

De groote assen der planeten zijn wel aan kleine periodieke storingen onderworpen, maar in de formelen die deze storingen voorstellen is geen term, die aanwijst dat de assen evenredig aan den tijd kleiner of grooter worden, en niet alleen voor de grootere termen (termen van de eerste orde) maar ook voor kleinere storingen van de tweede orde is dit streng wiskundig aangetoond.

Over het ontstaan van het wereldstelsel bestaan alleen hypothesen en die van Kant, eveneens geheel zelfstandig door Laplace gegeven, heeft nog den meesten bijval gevonden. Volgens die hypothese was er in den beginne in het wereldruim eene lichte, dunne massa (nevelmassa) verspreid, die door de eene of andere oorzaak in ventelende beweging is gekomen. Door die venteling hebben zich eerst ringen gevormd en een zoodanig ringenstelsel treffen wij bij Saturnus aan. De meeste van die ringen zijn echter verbroken en uit de aldus gevormde stukken zijn ronde lichamen, de planeten, tengevolge van eene zekere verlichting ontstaan; de maan kan men zich op gelijke wijze ontstaan denken. De nevelmassa zien wij hoogst waarschijnlijk nog bij de kometen, die wellicht zich nog kunnen verlichten of ook wel oplossen. De verbreking van een ring in vele stukken zoude dan de vorming van de groep der kleine planeten tengevolge gehad moeten hebben.

IV. DE PRAKTISCHE STERREKUNDE.

(Plaat 8, 9, 10.)

a) De werktuigen der oudheid.

De inrichting der sterrenkundige werktuigen is aan de drie hoofdvlakken, welke wij in de sterrenkunde hebben leeren kennen, ontleend. De horizon wordt vertegenwoordigd door een cirkel, welke om een verticale as, die dus naar het zenith gericht is, gedraaid kan worden, terwijl de hoogten gemeten kunnen worden door middel van een geheel cirkel of ook wel een gedeelte welke loodrecht staat op den zoo evengenoemen.

Met betrekking tot den aequator heeft men werktuigen met aan den aequator evenwijdig liggende cirkels waarop men den uurhoek afleest; loodrecht op dezen cirkel staat een as evenwijdig aan de werelclas, op welke wederom eene andere as loodrecht staat die eene cirkel draagt, welke de declinatie of poolsafstanden der hemellichamen aanwijst.

Eindelijk heeft men nog werktuigen met betrekking tot de *ecliptica*, met cirkels, welke aan de *ecliptica* evenwijdig gesteld kunnen worden en de lengten der hemellichamen aangeven, terwijl men op loodrecht daarop staande cirkels de breedten afleest.

De beide eerste soorten van werktuigen zijn nu alleen in gebruik, terwijl de laatstgenoemde soort thans weinig meer wordt aangewend. De azimuthaal- en hoogtewerktuigen waren echter reeds in de vroege oudheid bekend, hoewel in de verste verte niet in die volkomenheid waarin wij ze nu bezitten. Het eenvoudigste hoogtewerktuig, waarmede de hoogte van de zon gemeten kan worden, is een verticale stok, welks schaduw op een horizontaal vlak alleen behoeft gemeten te worden, om uit de lengte van den stok de tijdelijke hoogte van de zon gemakkelijk te kunnen berekenen. Dit werktuig is de *Gnomon* en wel het oudste sterrenkundig werktuig dat bestaat.

Enige *gnomons* zijn bijzonder beroemd geworden; zoo liet Augustus den obelisk van Sesostratus ter lengte van 34 meters te Rome op het veld van Mars oprichten, om zooals Plinius zegt, de lengte van de dagen en de nachten te kennen; in 1278 liet Coschuking in Peking een *gnomon* van 13 meters hoogte bouwen, in 1467 richtte Paul Toscanelli in de koepel van de Cathedraal te Florence een *gnomon* van 90 meters boven den begaen grond op, in 1653 Cassini te Bologne een *gnomon* van 27 meters hoogte enz. enz.

Wordt de stok evenwijdig aan de as van de aarde en daarbij een horizontaal, verticaal of een vlak in welke richting ook opgesteld, waarop de schaduw van den stok vallen kan, dan verkrijgt men een zonnenvijzer, welk werktuig in de oudheid ook veelvuldig gebruikt werd.

De sterrenkundigen van de Alexandrijnsche school bedienden zich van een werktuig, samengesteld uit drie linialen, van welke een verticaal werd vastgezet, de andere daarentegen verschuifbaar waren; zij noemden dat werktuig *Triquetrum*, en zulk een werktuig is door Ptolemaeus in de „*Almagest*” beschreven.

Tot dezelfde behooren ook reeds de cirkels, welke zoowel verticaal als horizontaal, evenwijdig aan den aequator en aan de *ecliptica* samen werden vereenigd en een ringklok of *sphaera armillaris* genoemd werden. Zij zijn reeds door Hipparchus en Ptolemaeus gebruikt geworden en waren in de oudheid bestemd tot het bepalen van lengte en breedte.

Plaat 10, fig. 6 geeft eene afbeelding van zoodanig eene *sphaera armillaris*, zooals zij, meer volkomen gebouwd, na de middeleeuwen nog in gebruik was.

Een in lateren tijd uitgevonden werktuig is een verdeelde cirkel (Plaat 10, fig. 4) voorzien van vaststaande vizieren *bb* en draaibare *cc*, *astrolabium* genoemd, dat om hoogten te meten, aan den ring *d* werd opgehangen, terwijl voor het meten van horizontale hoeken het instrument evenwijdig aan het vlak van den horizon gesteld werd.

Hoogte-cirkels en ook gedeelten van cirkels, quadranten, behooren gedeeltelijk reeds tot den vroegeren maar toch meer tot den nieuweren tijd, en ook heeft men de vereeniging van een horizontalen met een verticalen cirkel tot een werktuig, welk werktuig nu een universeel instrument genoemd wordt, terwijl deze soort van werktuigen in den nieuweren tijd tot eene groote volkomenheid gebracht zijn. Zoo heeft b. v. Ulug Beigh zijne sterplaatsen met een quadrant waargenomen. Naar de mededeeling van een Turksch geschiedschrijver heeft dit quadrant een straal van omtrent 60 meters gehad. Voor bijzondere verschijnselen welke de ouden waarnamen, b. v. zonsverduisteringen, bepaalden zij den bij die verschijnselen behoorenden tijd met een der genoemde werktuigen, terwijl zij de lengte en breedte van het hemellichaam gedeeltelijk uit het zichtbaar worden en verdwijnen des hemellichaams berekenden.

De latere waarnemingen, door Regiomontanus, Walther in Nurnberg, den landgraaf van Hessen, en Tycho volbracht, bestonden voornamelijk in het meten van de afstanden tusschen de hemellichamen, wier plaatsen zij bepalen wilden, en bekende vaste sterren, waaruit zij dan de bedoelde plaatsen berekenden.

b) Uitvindingen betreffende de verbetering van werktuigen; uurwerken.

De vraagstukken der praktische sterrenkunde verkregen een geheel andere gedaante, toen de Portugees Nunnez (Nonius) 1542 voorsloeg, ten einde het aflezen der verdeelingen op de

zoodanig worden opgesteld, dat men met hen binnen den kijker van het passage-instrument zien kan, bepaald wordt. Opdat de as niet te sterk in hare pannen zoude drukken, zijn tegen-gewichten op zoodanige wijze aangebracht, dat de wrijving verminderd en daarvoor het afslippen der rustvlakken en der assen zooveel mogelijk verhinderd wordt.

Gewoonlijk is het passage-instrument slechts voorzien van een kleinen hoogte-cirkel, welke tot het instellen van het werktuig op het hemellichaam, dat waargenomen moet worden, dient; is het werktuig echter voorzien van een nauwkeurig verdeelden cirkel, welke met noniën of microscopen afgelezen wordt, dan heet het, als het in den meridiaan opgesteld is, een meridiaancirkel. De meridiaancirkel van de sterrenwacht te Leipzig is op plaat 9 door fig. 5 voorgesteld. Opdat de opstelling zoo vast mogelijk zij, rust het werktuig tusschen twee pilaren *aa*, die van zandsteen vervaardigd zijn, en ook wel van marmer, graniet of gebakken steenen gemaakt worden. De kijker *bb* heeft een brandpuntsafstand van 2.5 meter en het voorwerp-glas eene opening van 160 millimeters. Tot het bewegen van den kijker dienen de handspaken *ii*; om de as grijpen de beugels *ee*, bevestigd aan de hefboomen *ff*, welke voorzien van tegengewichten het grootste gedeelte van het gewicht van het instrument opheffen; *cc* zijn de van twee tot twee boogminuten verdeelde cirkels, van een meter middellijn, welke door 4 microscopen *dd* afgelezen kunnen worden, die het schatten van tiende deelen van boogsecunden nog toelaten; *gg* zijn de verlichtingslampen, waarmede zoowel de draden en de kijker als ook de verdeling van de cirkels des nachts zichtbaar worden gemaakt; *kk* zijn houten trappen, dienende om de microscopen tot het aflezen te kunnen bereiken.

Even als men vroeger tot het verticaal stellen van eenig werktuig het paslood bezigde, gebruikt men thans het waterpas, en dat, hetwelk behoort bij het zoo even beschreven werktuig, is voorgesteld op plaat 10 door fig. 2. Het niveau bestaat uit eene glazen buis *a*, waar van binnen aan de bovenzijde eene flauwere kromming is uitgeslepen en die met zwavelaether bijna gevuld is. De buis is verder bevestigd in eene geelkoperen buis en kan door middel van de schroeven *cc* in haren behoorlijken stand worden gebracht. Aan de geelkoperen buis bevinden zich haken *bb*, welke om de assen van den kijker kunnen grijpen, en om den invloed van de warmte der handen op de luchtbel onmerkbaar te maken, zijn handvatsels *d d* aangebracht, waarmede het niveau moet worden aangevast. Het zoo even beschreven niveau noemt men een hangniveau, terwijl het op onze plaat door fig. 3 voorgestelde, dat eigenlijk gezegde pooten heeft, op de assen van het instrument gezet wordt, en daarom stand niveau genoemd wordt. Luchtbel, correctie-schroeven en handvatsels zijn bij dit niveau met gelijklopende letters gemerkt als bij het vorige.

De passage-instrumenten worden echter ook veeltijds gebruikt in draagbaren vorm, want de tusschen pilaren opgestelde, zoals de meridiaancirkel, zijn instrumenten bestemd voor vaste sterrenwachten. Een draagbaar passage-instrument, zoals tegenwoordig ter bepaling van den tijd voor sterrenkundige lengtebepalingen bij de werkzaamheden van de Europeesche graadmeting gebruikt wordt, is op plaat 9 door fig. 3 voorgesteld. In den kubus, waaraan het objectief-einde *a* van den kijker bevestigd is, bevindt zich een prisma, dat de lichtstralen onder een hoek van 90° terugkaatst, en de oogbuis is daarom niet in het verlengde van de buis *a*, maar in *b* geplaatst. Hierdoor verkrijgt men het voordeel, dat het oog aan het oculair bij iederen stand van den kijker op dezelfde hoogte blijft, terwijl het niveau bestendig aan de assen van den kijker kan blijven hangen. De kijker rust met zijne assen op den gietijzeren staander *fff*, waaraan correctie-schroeven zijn aangebracht, om de helling en het azimuth te kunnen wijzigen. Aan het oculair-einde van den kijker is een instellingscirkel *e* bevestigd, welke dient tot het opzoeken der hemellichamen. Eindelijk heeft men nog bij *dd* aan den voet eene eigenaardige inrichting, die in staat stelt om in zeer weinig tijd den kijker op te ligten en dan 180 graden om te draaien, waardoor, als men in beide standen de waarneming volbracht heeft, de collimatiefout geëlimineerd wordt.

Hoewel tegenwoordig de passage-instrumenten hoofdzakelijk dienen tot tijdsbepaling, zoo bezigt men toch die werktuigen, voorzien van hoogte-cirkels en horizontale cirkels, ook wel tot het rechtstreeksch meten van hoogten en azimuthen en men noemt ze dan Universaal-instrumenten. In het midden van een drievoot, voorzien van schroeven tot het horizontaal stellen, is een draaibare verticale as, waaraan een horizontale cirkel bevestigd is.

Aan deze as zijn aan het boven-einde stevige pannen bevestigd, waarop een horizontale as met den kijker en een hoogte-cirkel rust. Dikwijls is de horizontale cirkel alleen een kleine cirkel, bestemd om in te stellen of tot het opzoeken der hemellichamen en de hoogte-cirkel de hoofdcirkel; in dat geval noemt men zulk een werktuig ook wel kortweg Hoogte-cirkel. Is daarentegen de hoogte-cirkel bijnaak en wil men hoofdzakelijk horizontale hoeken meten, zoodat de azimuthaal-cirkel de hoofdcirkel is, dan noemt men het werktuig Theodoliet, in Engeland ook wel Altazimuth.

Vroeger, vooral in het begin van deze eeuw, gebruikte men veelal in plaats van een universaal-instrument een repetitie-cirkel, aan welk werktuig niet één maar twee kijkers bevestigd zijn, zoodat de hoek, welke gemeten moet worden, twee of meermalen vergroot kan worden, of ook de meting van den hoek gerepeteerd wordt.

Het is echter gebleken, dat dit vergrooten of vermenigvuldigen van den hoek geene

grootere nauwkeurigheid geeft dan het eenvoudig herhaald meten van den enkelen hoek.

Op plaat 10 geeft fig. 17 eene afbeelding van een repetitie-cirkel naar Troughton. De drie pooten van den standaard zijn gemerkt met de letters AAA, het niveau F dient tot het horizontaal stellen, B is de horizontale cirkel; de alhidade H, waaraan ook een niveau bevestigd is, is bij D van een kleine schroef voorzien, en draagt vier noniën met loopen, waarvan er twee bij C en E zichtbaar zijn. De alhidade H draagt verder vier steunels IIII, waarop de as met de kijkerbuis M en T (de oogbuisen zijn bij N en F) en de hoogte-cirkels O en L rusten. Aan de kijkerbuis T is een horizontale arm met een niveau bevestigd, welke bij iedere repetitie van den hoek door draaiing van den kijker op gelijke deelstrepen gebracht wordt; bij T en Q zijn de noniën van de alhidade TQ, bij U een loep R voor het aflezen van den hoogte-cirkel, bij RR bestaat nog gelegenheid om een niveau op te hangen; tot het verlichten bij nacht dient eene in de teekening zichtbare lamp.

Een universeel-instrument naar de nieuwste constructie, zoals het in het beroemde atelier van Repsold en Zonen in Hamburg vervaardigd wordt, is door fig. 1 plaat 9 voorgesteld.

Twee van de drie pooten van den standaard zijn zichtbaar, in den cilinder *a* bevindt zich de verticale as, *h* is de horizontale cirkel, welke door twee ten opzichte van den verticaal een weinig schuins staande microscopen *ee* afgelezen wordt. De kijker *b* is aan een kubus bevestigd, waarin een prisma het licht onder een hoek van 90° terugkaatst, zoodat het oculair bij *d* is aangebracht. Van twee symmetrisch aan den kijker bevestigde cirkels, wordt één gebruikt tot instellen, de ander *g*, door middel van twee microscopen, waarvan een bij *c* zichtbaar is, afgelezen. Door middel van een stand niveau *f* kan men ieder oogenblik de helling van de as van den kijker bepalen.

Deze instrumenten bestaan natuurlijkerwijze in verschillende grootte, al naar gelang van de eischen, waaraan zij voldoen moeten. Zeer kleine, met een cirkel van drie duimen (zoll) en zeer geschikt op reis, worden reeds aangewend voor geographische plaatsbepalingen, wanneer eene nauwkeurigheid tot op deelen van minuten toereikend is, en een eenvoudige soort wordt door den Engelschman Kater opgegeven en cirkel naar Kater genoemd. Met instrumenten, voorzien van een cirkel van 5 en 6 duimen (zoll) middellijn, kan men hoeken meten met eene nauwkeurigheid tot op boogsecunden, terwijl instrumenten met een cirkel van 10—12 duimen (zoll) middellijn tot de meest nauwkeurige metingen gebruikt worden, waarbij nog tiende deelen van boogsecunden in rekening worden gebracht.

Vooraf worden deze werktuigen gebruikt voor geodetische werkzaamheden, en bij driehoeks-metingen van den eersten rang worden de grootste, bij die van den tweeden en derden rang de kleinere en bij openingen voor het kadaster de kleinste werktuigen gebezigd.

Op reis, vooral in onbekende streken, bedient men zich van gemakkelijker vervoerbare instrumenten, en tracht men bij voorkeur de bepalingen, welke men doen wil, b.v. die van tijd en breedte, door zoodanige werktuigen te volbrengen waarbij alleen één cirkel of een gedeelte van een cirkel aangewend wordt. Reeds Newton vond een instrument ter bepaling van hoogten en afstanden uit, bestaande uit twee spiegels, van welke de grootste draaibaar was, zoodat het beeld van een voorwerp dat waargenomen moet worden op den anderen kleineren spiegel teruggekaatst kon worden en in een kijker, die met de helft van zijn voorwerpglas naar dezen spiegel gericht was, het teruggekaatste beeld gelijktijdig met een ander voorwerp kon gezien en beide beelden op elkander gebracht konden worden. Wanneer beide beelden elkander bedekten, las men aan een in graden verdeelden boog den hoek af dien de groote spiegel, welke daartoe aan eene alhidade verbonden is, gedraaid was. Het is gemakkelijk in te zien, dat de gedraaide hoek half zoo groot is als de hoeksafstand der beide waargenomen voorwerpen en de verdeelde boog is daarom zoodanig verdeeld, dat hij den dubbelen hoek van den gedraaiden boog onmiddellijk aangeeft. Hadley gebruikte bij zoodanig een spiegelwerktuig, ten einde het zeer licht vervoerbaar te maken, alleen een zesde gedeelte van een cirkel, een graadboog van 60 graden, welke wegens de dubbele grootte van den hoek in 120 graden verdeeld is. Zulk een werktuig wordt een spiegelsextant naar Hadley genoemd en is vooral voor de scheepvaart zeer belangrijk. Op plaat 9 geeft fig. 7 eene afbeelding van het instrument; de graadboog *a* vertoont de verdeling, *b* is de alhidade, welke bij *d* den grooten spiegel draagt; bij *e* heeft men den kleinen vasten spiegel, bij *c* den op dezen spiegel gerichten kijker, en om de zon te kunnen waarnemen, zijn bij *f* gekleurde glazen aangebracht, door welke men het licht dat van den grooten spiegel komt verminderen kan; bij *g* is het handvat, waaraan men het werktuig aanvat en waarmede men het in de richting van de te meten hoogte of afstand brengt, terwijl bij *h* de loep is die tot het aflezen van de noniën en de verdeling dient.

In plaats van sextanten heeft men in den jongsten tijd, ten einde eene fout, de excentriciteit, welke uit het niet samenvallen van het draaipunt der alhidade met het middelpunt van de verdeling ontstaat, op te heffen, geheele cirkels ingevoerd, waarbij de alhidade de lengte van de middellijn heeft, en aan beide einden voorzien is van noniën, zoodat door het aflezen van beide de fout, ontstaande door excentriciteit, geëlimineerd kan worden, dewijl zij aan beide noniën voorkomt, maar wordt zij bij den eenen positief genoemd dan moet zij bij den ander negatief zijn. Omdat in plaats van den kleinen spiegel een, de lichtstralen totaal terugkaatsend, prisma is aangebracht, heeft men nog een ander gebrek, dat bij de sextanten

bestaat, weten op te heffen. De inrichting van de sextanten gedooft niet, grootere hoeken dan van 120 graden te meten, zoodat de hoeken tot 180° niet gemeten konden worden. Door de vervanging van den kleinen spiegel door een prisma kan men alle hoeken van 0 tot 180° meten. In den jongsten tijd zijn deze werktuigen, welke reflexie-cirkels, gewoonlijk echter prisma-cirkels genoemd worden, veelal in plaats van sextanten aangewend geworden.

Op plaat 9 geeft fig. 8 eene afbeelding van een prisma-cirkel. De cirkel waarop de verdeeling aangebracht is heeft men bij *a*; *bb* is de alhidade, waarop bij *d* de groote spiegel bevestigd is, *e* is het in de plaats van den kleinen spiegel komende prisma, *e* de kijker, tusschen weiken en het prisma, wederom gekleurde glazen aangebracht kunnen worden, *f* is de loop tot het aflezen van de verdeeling.

Nog moet vermeld worden dat men op zee de hoogte van een hemellichaam boven den horizon onmiddellijk meet. Wegens de aardse straalbuiging en ook wegens de hoogte van het oog boven de oppervlakte van de zee, moet aan de gemeten hoogte eene verbetering worden aangebracht, welke de depressie van den horizon of ook de kinduiking genoemd wordt. Bij waarnemingen aan den wal daarentegen bedient men zich van kunstmatige horizons, welke gevormd worden door eene vloeistof (meestal kwikzilver) of ook door een spiegelende glas- of metaalplaat, welke vooraf met een niveau horizontaal wordt gesteld.

De zoeven beschrevene werktuigen worden bijna altijd slechts van kleine kijkers voorzien, omdat daarbij het meten hoofdzak is en alleen bij meridiaancirkels bezigt men grotere kijkers. Op sterrenwachten heeft men echter vele zeer lichtzwakke hemellichamen waar te nemen, waartoe groote kijkers van aanzienlijk optisch vermogen noodig zijn; deze verkrijgen eene andere opstelling, waarbij de aequator als hoofdvlakte wordt aangenomen en welke wij in de laatste plaats nog moeten bespreken.

d). Telescopen, refractoren, aequatoriales.

Hoewel in het jaar 1608 de verrekijker reeds in Holland door een brillenmaker te Middelburg, genaamd Hans Lippershey, en bijna gelijktijdig ook door Jacobus Metius uitgevonden was, terwijl Jansen, Galilei, Fontana en anderen eerst later verrekijkers samenstelden, was het toch eerst voor Kepler weggelegd om den kijker naar theoretische beginselen zoodanig in te richten, als dat werktuig nog tegenwoordig door de sterrenkundigen wordt gebruikt. De Hollandsche en Galileische kijker bestaat uit een biconvex voorwerpglas en een biconcaaf oculair, zoodat hij dat nog heden bij onze tooneelkijkers hebben en men ziet door zulk een kijker de voorwerpen in denzelfden stand waarin wij ze met het bloote oog zien; maar kan alleen eene kleine ruimte overzien of wel men heeft een klein gezichtsveld. Toen Galilei ter beschouwing van hemellichamen sterke vergrotingen bezigde (de sterkste welke hij aanwendde was eene 30-voudige) kon hij slechts een klein gedeelte van den hemel gelijktijdig overzien. Kepler bezigde in plaats van een dubbel hol oculair-glas een dubbel bol glas, verkreeg daardoor een veel groter gezichtsveld, maar zag de voorwerpen omgekeerd, hetgeen hij voorwerpen aan den hemel, als men dit van te voren weet, volstrekt geen ongerief veroorzaakt. Kepler kon echter ook, indien hij aan het eenvoudige dubbel bolle oculair-glas een tweede lens toevoegde, het voorwerp weder omkeeren en stelde zoodoende een aardschen kijker samen, van denzelfden bouw, als nu nog in gebruik is, en welks uitvinder Rheita heet. Het licht wordt echter zwakker naarmate het door meer lenzen gaat, en de sterrenkundigen behielden daarom den oorspronkelijken Keplerschen of sterrenkundigen kijker, welke uit het geringste aantal lenzen bestaat.

Descartes, Christiaan Huygens en anderen trachten de theorie der kijkers te beteren en aan den laatste gelukte het kijkers van 10 meters brandpunt afstand en 80 millimeters opening samen te stellen, bij welke hij eene 92-voudige vergroting kon aanwenden. De reden waardoor bij sterke vergroting de beelden onscherp worden, moet worden toegeschreven aan twee oorzaken. De eene ligt hierin, dat men genoodzaakt is de lenzen eene kogelvormige gedaante te geven, hetwelk ten gevolge heeft, dat de stralen welke door het midden van de lens en die welke bij de randen door het glas gaan elkaar niet in hetzelfde brandpunt ontmoeten; de daaruit ontspringende fout noemt men spherische aberratie. De andere oorzaak ligt hierin dat de lichtstralen, welke door het voorwerpglas gaan, gebroken worden en de beelden in het brandpunt de kleuren van het spectrum vertoonen; de daaruit ontspringende fout noemt men kleurschifting. Hoewel ook Constantijn Huygens, Auzout en andere optici en sterrenkundigen dit gebrek trachten te verminderen, door het objectief-glas een groter brandpuntsafstand, zelfs tot 200 meters toe, te geven, meende men toch naar de onderzoekingen van Newton, dat het nooit mogelijk zoude zijn om de beelden, in een kijker gevormd, geheel kleurloos te verkrijgen.

Toen Euler in 1747 de aandacht er op vestigde dat ons oog de voorwerpen zonder bijkomende kleuren ziet, stelde hij tevens voor, het voorwerpglas evenals onze ogen samen te stellen uit verschillende breekbare vloeistoffen; de Zweedsche geleerde Klingenstierna toonde aan, dat Newton geswaagd had en beval het gebruik van verschillende glassoorten aan, en in het jaar 1758 gelukte het den Engelschen opticus Dollond, om door eene samenvoeging van de twee glassoorten, welke bekend zijn onder de namen crown en flintglas, een voorwerpglas te vervaardigen, dat bijna geheel kleurloze beelden gaf en daarom een achromatisch voorwerpglas genoemd werd.

In lateren tijd zijn die achromatische voorwerpglazen, ten gevolge van nauwkeurige berekeningen, vooral door Fraunhofer aanzienlijk verbeterd, en tegenwoordig kan men uit de werkplaatsen van Merz en Zoon (opvolger van Fraunhofer), Steinheil te München, Schröder te Hamburg, Eichens te Parijs, Simms en Cook in Engeland, Fitz en Clarke in Amerika en anderen achromatische voorwerpglazen van aanzienlijke grootte, waarop wij bij de beschrijving der sterrenwachten laten terugkomen, verkrijgen.

Spoedig na de uitvinding der verrekijkers kwam Mersenne, in het jaar 1639, op het denkbeeld — hij maakte dat denkbeeld eerst in 1644 bekend, — om in plaats van glazen lenzen spiegels te gebruiken, eerst in 1663 echter gaf Gregory de wijze aan waarop zulk een spiegelwerktuig samengesteld kan worden en Hooke vervaardigde in 1674 het eerste werktuig van deze soort, terwijl eene andere samenstelling der spiegeltelescop door Newton in het jaar 1672 was gevonden. Omdat bij spiegeltelescop, daar er alleen terugkaatsing der lichtstralen plaats heeft, geene kleurschifting ontstaan kan, gaf men veelal in de 18^{de} eeuw aan deze werktuigen de voorkeur boven de groote verrekijkers. Na de vinding van het achromatiseren en vooral sedert de groote verbetering welke Fraunhofer daaraan toegebracht heeft, zijn de kijkers of refractoren weder meer in gebruik gekomen, en wel vooral omdat deze langer bruikbaar blijven en minder voorzorgen bij het onderhouden vorderen dan de reflectoren, waarvan de spiegels dikwijls opnieuw gepolijst moeten worden.

De meest lichtgevendende werktuigen zijn echter ook tegenwoordig de reflectoren.

In de vorige eeuw heeft in het bijzonder William Herschel voortreffelijke spiegeltelescop vervaardigd; eerst heeft hij er een samengesteld van 1½ meter lengte, later honderden van 2 en 6 meters, en verscheidene van 8 meters brandpuntsafstand; zijn grootste spiegeltelescoop heeft een spiegel van 11 meter opening, meer dan 12 meters brandpuntsafstand en de sterkste vergroting bedraagt 7000 malen. Met even groote reflectoren heeft John Herschel zijne waarnemingen in Engeland en aan de Kaap volbracht; Lassell heeft een even grooten vervaardigd. Lord Rosse in Ierland heeft echter den grootsten reflector vervaardigd, deze heeft een brandpuntsafstand van 17 meters en zijn spiegel is in middellijn 1.8 meter groot. De spiegel van den telescoop van Rosse weegt 7600 pond, en de daarbij behorende buis 13,200 ponden.

Om deze telescopen, welke zoo onzettende afmetingen hebben, te kunnen bewegen, heeft men geheel eigenaardige inrichtingen bedacht. De grootste telescoop van Herschel is afgebeeld op plaat 10 fig. 7; de 12 meters lange buis DD heeft bij A hare draaipunten en verkrijgt door eene menigte korden, die bij een balk AFFA over rollen loopen en bij EE door middel van handkrukken langer en korter gemaakt kunnen worden, hare beweging. Bij de vooraanstaande stellage GG moet de waarnemer naar boven klimmen om op de tribune bij H te komen. Daar moet hij zijne waarnemingen volbrengen en ziet door een oculair onmiddellijk op den in de groote buis aan het onderende zich bevindenden spiegel, en hoewel het hoofd van den waarnemer een weinig van het in de buis vallende licht onderschept, is toch dit verlies aan licht hoogst onbeduidend, omdat de spiegel zoo ontzettend groot is. Bij de inrichting, welke door Herschel zelf is aangegeven, waarbij men onmiddellijk het door den spiegel gevormde beeld beschouwt, gaat, als men groote telescopen bezigt, nog het minste licht verloren, want bij den Gregoriaanschen bouw van den teleskoop valt het licht, alvorens het oculair te bereiken eerst op een kleinen hollen spiegel, gaat dan door eene opening, in den grooten spiegel gemaakt, en komt zoo in het oog, hetgeen een veel grooter verlies in licht ten gevolge heeft. Bij den spiegeltelescoop naar Newton heeft nagenoeg hetzelfde plaats: het licht wordt van den grooten spiegel geworpen op een kleinen, welke een hoek van 45° maakt met de optische as van den telescoop en van daar teruggekaatst naar het aan een der zijden van de buis aangebrachte oculair (zie over den bouw van den telescoop naar Gregory en dien van Newton, „de Atlas der Natuurkunde,” Pl. 10 fig. 38 en 39).

De spiegeltelescoop van Lassell is afgebeeld op plaat 9 door fig. 6. De opstelling is steviger dan de boven beschrevene van den telescoop van Herschel; de uit ijzeren stangen bestaande buis *e* rust tusschen pannen, welke bevestigd zijn aan een kegel wiens as evenwijdig loopt aan de as der aarde, en is van een muircirkel I voorzien. De spiegel is in middellijn meer dan 1.3 meters groot. De horizontale onderring *a* draagt het op rollen staande waarnemingstorentje *dddd*, waaruit, bovenaan, de waarnemer te voorschijn komt, om onmiddellijk met het oculair in de buis te zien.

De groote spiegeltelescop worden gewoonlijk voorzien van een voet, waarvan de hoofdas evenwijdig loopt aan de wereldas, zoodat een der aan die as aangebrachte cirkels evenwijdig aan den aequator en de ander loodrecht daarop gericht is. Zoodanig eene opstelling noemt men paratich, en een zoodanig werktuig, vooral dan als de cirkels nauwkeurig en fijn verdeeld zijn, zoodat men er nauwkeurig uurhoeken en declinatie mede bepalen kan, heet aequatoriaal.

Het aequatoriaal van de sterrenwacht te Leipzig is door fig. 4 op plaat 9 voorgesteld. De voet bestaat uit een gegoten ijzeren zuil *a*, waarop eene ijzeren plaat *b* in de richting naar de noordpool bevestigd is, welke de poolas van het werktuig draagt. Loodrecht op de poolas bevindt zich de kanon *c* waarin de declinatie-as ligt, welke aan haar eene uiteinde den 4 meters langen kijker *dd* draagt, terwijl aan het andere einde bij *m* een tegengewicht is aangebracht. De assen zelve zijn hol en de tegengewichten bij *m* en het onderste tegengewicht

aan het einde van de uuras zijn aan bijzondere, binnen in de assen, geheel vrij zwevende stangen bevestigd, opdat alle doorbuiging der assen geheel vermeden zoude worden. Het tegengewicht, dat bij *m* aan de lade *b* bevestigd is, is verbonden aan twee wrijvingsrollen, die tegen de uuras drukken, om daardoor evenwicht te verkrijgen en de wrijving op de as zooveel mogelijk te verminderen.

Bij *ff* zijn twee cirkels aangebracht, van welke de onderste van een nonius voorzien is, tot instellingscirkel dient en des nachts door middel van een kleinen vlakken spiegel verlicht wordt; de bovenste cirkel wordt met behulp van microscopen afgelezen en laat toe de uurhoeken op 1/100 tijdseconde te bepalen. Bij *g* en *g* heeft men de declinatie-cirkels, van welke wederom de onderste, voorzien van een nonius, gebruikt wordt voor het meten, terwijl de bovenste eene microscopische aflezing heeft en de declinatie op 1/10 boogseconde er mede gevonden kan worden. Aan den kijker *dd* is een kleine kijker *h* bevestigd, welke evenwijdig loopt aan den grooten, minder vergroot, een zoo groot mogelijk gezichtsveld heeft, tot het gemakkelijk opzoeken van hemellichamen dient en zoeker genoemd wordt.

Bij *oo* heeft men de handspaken voor het bewegen van den geheel uit geelkoper vervaardigden kijker, bij *n* is het klemstuk, waarmede de kijker wordt vastgezet. Onder aan den kijker bij *e* bevindt zich een eigenaardig ingerichte micrometer, draden-micrometer genoemd, waarin spinnedraden gespannen zijn, terwijl het werktuig om zijne as gedraaid kan worden en voorzien is van een cirkel, tot het bepalen van positie-hoeken. Bij *l* ziet men een gaslamp, wier licht door middel van prisma's in den kijker wordt geworpen, en naar gelang het de waarnemer wensch, het veld verlicht en de draden zwart op een helderen achtergrond doet uitkomen of wel de draden verlicht, zoodat zij op een donkeren grond zich wit vertoonen. De eerstgenoemde wijze van verlichten (de verlichting van het veld) bezigt men bij het waarnemen van heldere voorwerpen, de laatstgenoemde (de verlichting der draden) bij voorwerpen die zwak licht hebben.

Daar wegens de wending der aarde om hare as een hemellichaam, indien het in het veld van den kijker zichtbaar is, spoedig dat veld verlaat, is om dit te verhoeden eene inrichting aan den kijker aangebracht, welke den kijker de hemellichamen doet volgen, en dus het voorwerp glas in 24 uren een cirkel om de as der aarde doet beschrijven. Deze inrichting bestaat in een uurwerk, dat bevestigd is aan de kolom *a* en door middel van raderen den bovensten uurcirkel in beweging brengt. In onze fig. ziet men van dat uurwerk alleen de snaar met het daaraan hangende drijfzweicht. Eindelijk zijn *pp* trappen, dienende om het bovenste microscop te kunnen bereiken.

Op de teekening is de draden-micrometer alleen van buiten te zien en daarom is hij op dezelfde plaat door fig. 12 in doorsnede afzonderlijk geteekend. Men ziet een horizontale en vijf verticale vastliggende draden. Bovendien is er nog een verticale bewegelijke draad, in de fig. zichtbaar in het midden, wiens stand ten opzichte van de vaste draden door de micrometerschroef *a* wordt aangegeven. De positie-cirkel heeft bij *e* en 180° daarvan verwijderd een nonius, welke het aflezen tot minuten toelaat; bij *d* bevindt zich een micrometerschroef, om den draden-micrometer ten opzichte van den positie-cirkel kleine verplaatsingen te kunnen geven; bij *b* ziet men den kop van het rondsel, waardoor de geheele micrometer ten opzichte van de vaste draden bewogen kan worden, zoodat men ieder der draden als het noodig is in het midden van het gezichtsveld kan brengen.

Andere micrometers, welke men bij refractoren of reflectoren bezigt, zijn nog op plaat 10 door fig. 8, 9, 10, 11 en 14 afgebeeld. Fig. 8 stelt een uit concentrische ringen bestaanden micrometer voor, dien men gewoonlijk van glas vervaardigt. Fig. 9 geeft de afbeelding van een ruilmicrometer, welke in de vorige eeuw werd gebezigd, maar nu bijna geheel buiten gebruik is geraakt. Fig. 10 toont ons een ringmicrometer, waarbij de ring gewoonlijk van staal vervaardigd is, zich des nachts dus geheel zwart vertoont en bij het sterrenlicht altijd zichtbaar blijft. Daar de ring door den kunstenaar goed rond, bijna volkomen zonder fouten vervaardigd kan worden en bij iedere opstelling, ook de niet parallelische, denzelfden dienst bewijst, wordt hij, na de draden-micrometer, het meest aangewend.

Fig. 11 geeft eene afbeelding van een dradennet, zooda het veelal bij passage-instrumenten en meridiaancirkels voorkomt. Gewoonlijk zijn de draden uit spinnecocons, maar gebruikt men daartoe ook platina-, goud- en zilverdraden; dikwijls bezigt men in plaats van draden op een glasplaat getrokken strepen. Fig. 14 vertoont een micrometer met drie punten, welke door middel van een schroef beweegbaar zijn en deze puntmicrometer heeft men in den nieuweren tijd meermalen bij spectraal-analytische onderzoekingen gebezigd, om daarmede den afstand van de zwarte strepen of banden in het spectrum van een ster, nevelvlak of komeet te meten.

Door middel van den micrometer bepaalt men bij de refractoren of reflectoren gewoonlijk de verschillen in rechte opklimning en declinatie tusschen een bekend hemellichaam en het voorwerp aan den hemel, welks stand men wensch te kennen. De draden-micrometer, verbonden aan het aequatoriaal, geeft dit verschil onmiddellijk en wel zijn de verschillen in tijd, waarop de hemellichamen de draden voorbijgaan, onmiddellijk de verschillen in rechte opklimning, terwijl de verschillen tusschen den vasten en bewegelijken draad, als men den eersten brengt

op het lichaam, dat het eerst het gezichtsveld van den kijker doorloopt en de tweede op het andere hemellichaam, de declinatieverschillen aangeven, waarbij echter de kennis van de waarde van een schroefomgang van den micrometerschroef noodig is.

Bij den ringmicrometer neemt men den in- en uitgang van het hemellichaam waar en uit het midden hiervan en het onderling verschil dier middentallen, kunnen, als de middellijn van den ring bekend is, de rechte opklimning en declinatieverschillen berekend worden.

e) Heliometer. Andere toestellen en werktuigen, welke op sterrenwachten worden gebruikt.

Het bepalen van positiehoeken en het meten van afstanden wordt, als men het aequatoriaal daartoe gebruikt, met den draden-micrometer volbracht, terwijl de gegevens door den positie-cirkel en de micrometerschroef verstrekt worden, als men het eene hemellichaam brengt op een vasten en het andere op den beweegelijken draad. Omdat het gezichtsveld meestal niet zeer groot is en beide hemellichamen waarop de waarneming volbracht moet worden in het veld zichtbaar en zelfs zoo dicht mogelijk in het midden moeten staan, kan men slechts zeer kleine afstanden meten.

Reeds in de vorige eeuw bedacht Bouguer een ander werktuig, om afstanden te meten; hij bracht twee voorwerpglazen van gelijken brandpuntsafstand in eene kijkerbuis nevens elkander en maat door verschuiving van de voorwerpglazen ten opzichte van elkaar de middellijn van de zon.

Dollond kwam op het denkbeeld, om in plaats van de beide geheele voorwerpglazen twee halve te gebruiken, welke verkregen werden door één voorwerpglas in de richting van eene zijner middellijnen te doorsnijden. Werktuigen voorzien van zulke doorgesneden voorwerpglazen worden, omdat Bouguer het eerst met een zoodanig werktuig de middellijn van de zon gemeten heeft, Heliometers genoemd. Fraunhofer en Utzschneider en hunne opvolgers Merz en Mahler en Merz en Zoon hebben zulke werktuigen in groote afmetingen voor de sterrenwachten te Konigsbergen, Bonn, Pulkowa en Oxford vervaardigd. De beide helften van het voorwerpglas worden door micrometerschroeven ten opzichte van elkander bewogen en indien de afstanden der hemellichamen omtrent een graad is, kunnen deze met die werktuigen met zeer groote nauwkeurigheid gemeten worden, als men de fouten der schroeven, hare verandering teweeggebracht door temperatuurverschillen en die welke ontstaan door de doorbuiging in rekening brengt.

De Heliometer, dien de sterrenwacht op de Pulkowa bezit, is afgebeeld door fig. 2 op plaat 9. Hij is parallelisch op den steenen voet *a* opgesteld; bij *b* is de poolas en bij *c* de declinatie-as, bij *m* de uurcirkel, welke met de uuras door een uurwerk in 24 uren kan worden rondbewogen. Bij *l* is de declinatie-cirkel, *dd* is de kijker met zijn doorgesneden voorwerpglas; bij *e* is een zoeker evenwijdig aan den grooten kijker aangebracht, bij *g* heeft men de micrometerschroeven tot het bewegen van de objectieffellen, hetgeen door middel van de sleutels *h* aan het oculair *i* verricht kan worden. Bij *f* heeft men een hulpkijker tot het aflezen van de schaal die zich bevindt bij de micrometerschroeven *g*; bij *KKKK* zijn tegengewichten voor den kijker, den zoeker, de micrometerschroeven en voor de wrijvingsrollen.

Behalve een of meer groote werktuigen bezit iedere sterrenwacht nog eene menigte hulptoestellen. Zoo is b.v. op plaat 10 door fig. 12 voorgesteld een hulptoestel ter bepaling van niveau-deelen. De glazen buis of ook wel het geheele niveau wordt gelegd op de lade *aa*, terwijl dan een micrometerschroef verbonden aan een schijf *b* zoolang gedraaid wordt, tot dat de bel op een zekere deelstreep gekomen is. Draait men de micrometerschroef een weinig meer, dan komt de bel aan een andere deelstreep, zoodat het verschil tusschen de aanwijzingen der verdeling overeenkomt met het verschil der aanwijzingen op de schijf, welke ook verdeeld is en de verplaatsing van de schroef doet kennen. Heeft men nu bepaald hoeveel seconden een deel van de schijf *b* aangeeft, dan kan onmiddellijk berekend worden, hoeveel seconden door één niveau-deel wordt aangegeven. Hier zij nog vermeld dat, indien de afstand der deelstrepen 2 of 3 millimeters bedraagt, bij de kleine universeel-instrumenten, die afstand overeenkomt met $\pm 10''$ bij grotere met 2 of $3''$ en bij de meest gevoelige niveau's der meridiaancirkels met $\pm 1''$ hoog. De kronenstralen der niveau's kan men hieruit berekenen en bedraagt bij deelstrepen van 2 millimeters afstand en van 10 seconden waarde, 41.3 meters, en van 1 seconde 413 meters.

Een andere hulptoestel is afgebeeld door fig. 5 op pl. 10 en wordt chronograaf of registreer-toestel genoemd. Hij is op dezelfde wijze ingericht als de elektrische telegraaf naar het stelsel van Morse. Een uurwerk, dat door den slinger *b* geregeld wordt, brengt een rol *a* in beweging, waardoor een papierstrook *f*, welke op de rol *d* gewonden is, voortbewogen wordt. Een uurwerk, dat de seconden onmiddellijk aangeeft, is met een electromagneet, die zich aan den toestel bevindt, galvanisch verbonden en de spits van den hefboom waaraan het anker van den electromagneet verbonden is, prikt met gelijke tusschenruimten iedere seconde in de papierstrook een scherp teeken. Als men waarneemt en een hemellichaam de draden in den kijker voorbijgaat, drukt men op den sleutel en een hefboom aan het anker bevestigd van een tweeden electromagneet geeft dan op de papierstrook een ander punt waarvan de stand met betrekking tot de seconden-teekens nauwkeurig bepaald kan worden, waardoor het oogenblik waarop

het hemellichaam de draden voorbijgaat gevonden is. Bij den registreer-toestel brengt men bij een galvanometer aan om de stroomsterkte te kunnen nagaan en ook nog verscheidene andere kleine hulpmiddelen.

De chronografen of registreertoestellen werden spoedig na de uitvinding der telegraphie in de sterrenkunde ingevoerd, het eerst in Amerika, en zij zijn in verschillende vormen aangevend. Men heeft op enkele sterrenwachten in plaats van de papierstrook een vel papier gespannen om een wals, waarop de seconden en waarnemingssteekens voor den doorgang van het hemellichaam opgeschreven worden. De hier afgebeelde chronograaf, welke zich op de sterrenwacht te Leipzig bevindt, is in den opgegeven vorm het eerst door Hansen te Gotha beschreven.

Door fig. 1 op dezelfde plaat is een ander werktuig, dat op vele sterrenwachten aangebracht wordt, voorgesteld, namelijk een photometer, welke dient om de helderheid van hemellichamen te bepalen. Op een voet bevindt zich een draaibare as *i*, waaraan een horizontale as bevestigd is, die bij *a* een bak voor petroleum draagt, welke met een buis verbonden is met een lamp, die de noodige lucht ontvangt door de buizen *g*; *b* is een door het gewicht *h* in evenwicht gehouden kijker, welke op iedere willekeurige ster aan den hemel gericht kan worden. Door middel van een buis, die loodrecht op den kijker staat en waarin een lens bevestigd is, verkrijgt men door terugkaatsing op een onverfoedelijke glazen spiegel in den kijker een beeld van de vlam als kunstmatige ster.

In de buis bevinden zich twee nicolsche prisma's, welke het licht van de vlam polariseeren, en door het draaien van de nicols ten opzichte van elkander, hetgeen geschiedt door den hefboomarm *d*, kan het gepolariseerde licht van de kunstmatige ster verzwakt worden. Als men de kunstmatige ster dezelfde helderheid geeft als een onmiddellijk in den kijker gebrachte ster en ditzelfde met een andere ster aan den hemel verricht, kan men uit de hoegrootheid der draaiing van de nicols, welke draaiing op den verdeelden cirkel *e* afgelezen wordt, de lichtmassa's der beide hemellichamen ten opzichte van elkander berekenen, daar de natuurkunde leert, dat de lichthoeveelheden, die door de nicols gaan, tot elkander staan als de tweede machten der cosinussen van de gedraaide hoeken, daarbij van een zeker nulpunt uitgaande.

De sterren zijn echter dikwijls verschillend van kleur en daarom is in de buis nog een loodrecht op de as geslepen bergkristal aangebracht, door het draaien waarvan het mogelijk is, om het licht van de kunstmatige ster dezelfde kleur te geven als de ster aan den hemel. De hoevenheid die gedraaid is leest men af op den cirkel *e*. Het werktuig met de nicolsche prisma's en den uit bergkristal bestaanden colorimeter is het eerst gebouwd door Zollner en wordt daarom photometer van Zollner genoemd.

Andere kleinere werktuigen, die men ook op sterrenwachten vindt, komen ook dikwijls voor in werkplaatsen voor natuurkunde en zijn gedeeltelijk reeds in de afdeling natuurkunde vermeld.

f) Sterrenwachten.

Het is ons niet met juistheid bekend waar en hoe de oude Chaldeërs, Egyptenaars en Chineezen hebben waargenomen; hoogstwaarschijnlijk werkten zij eenvoudig in de open lucht en bedienden zij zich heel spoedig, om een geheel vrij uitzicht te hebben, van torens.

De sterrenwacht te Alexandrië, waar Hipparchus en Ptolemaeus hunne waarnemingen volbrachten, was verbonden aan de bibliotheek van de Alexandrijnsche school en bevond zich hoogstwaarschijnlijk op het plat van een toren. Ulug Beigh te Samarkand volbracht eveneens zijne waarnemingen op een toren en alle sterrenkundigen der middeleeuwen gaven, ten einde den horizon geheel vrij te kunnen zien, aan torens boven alle andere waarnemingsplaatsen den voorkeur. De landgraaf Wilhelm IV van Hessen stichtte in het jaar 1561 op zijn slot te Kassel eene sterrenwacht; de sterrenwacht te Kopenhagen werd in de jaren 1632—56 op den rondtoren gebouwd; Hevelius volbracht zijne waarnemingen in zijn eigen huis te Danzig, alwaar hij in 1644 eene sterrenwacht stichtte; te Praag, Weenen en in vele plaatsen te Italië bezigde men voor sterrenwachten torens. Gewoonlijk kan men van torens den geheelen hemel tot aan den horizon zien, en zoolang als de werktuigen slechts gebruikt werden tot het bloot beschouwen der hemellichamen, of tot ruwe metingen, waren zulke torens volkomen voldoende. Om nauwkeurige metingen te kunnen volbrengen moesten de werktuigen echter eene vastere opstelling hebben en vooral beschut zijn tegen wind en weder; bovendien bestaat het voordeel, van de hemellichamen aan den horizon te kunnen zien, alleen in de verbeelding, omdat de misvorming der beelden, het sterke vonkelen der sterren, de ten gevolge der afwisselende temperatuur, door heen en weergaande luchtstromen ontstaande straalbreking het nauwkeurig waarnemen van hemellichamen in de nabijheid van den horizon bijna onmogelijk maken.

Men kan de werktuigen, als zij niet op hoogten geplaatst worden, een veel vasteren stand geven dan op torens, en reeds Tycho Brahe zocht voor eene sterrenwacht het eiland Hven in de Sond uit, om bijna op de oppervlakte der aarde, vrij van trillingen en in de stilte der afzondering de waarnemingen te kunnen volbrengen. De hooge sterrenwachten zijn thans bijna alle verlaten; thans zijn hoofdoorwaarden bij de stichting van eene sterrenwacht, eene vrije doch enigszins beschutte plaats, een vast gebouw met geïsoleerde, van de ringmu-

ren gescheidene fundamente. De waarnemingsvertrekken, welke in eene nieuwe sterrenwacht niet gemist mogen worden, zijn een meridiaanzaal, waarin of een passage-instrument in den meridiaan (meridiaankijker) of een meridiaancirkel opgesteld is, en een vertrek voorzien van een draaibaren koepel, waarin een groot instrument, een aequatoriaal, geplaatst kan worden. Wenselijk is het nog een vertrek te hebben met eene doorsnede in de richting van het oosten naar het westen, alsook een vertrek voor het volbrengen van waarnemingen met kleinere werktuigen en een plat of terras, om sommige waarnemingen geheel onder den vrijen hemel te kunnen volbrengen. Daar de sterrenkundige bij het waarnemen een rustigen dampkring noodig heeft, die alleen verkregen kan worden bij gelijkheid van temperatuur, bouwt men gemeenlijk de muren der waarnemingsvertrekken zeer licht en dun, opdat zij spoedig de temperatuur van de buitenlucht zouden aannemen, terwijl dan tevens voor gemakkelijke lichtverversching, om de temperatuur van binnen en van buiten spoedig gelijk te maken, wordt gezorgd. Daar verder in onze streken de hemel zelden helder is, in een jaar niet meer dan op 100 of 120 dagen, is de sterrenkundige verplicht, ieder helder oogenblik te gebruiken, en dit kan alleen dan geschieden, als de woning onmiddellijk aan de sterrenwacht grenst.

Het getal der thans werkzame sterrenwachten is op de geheele aarde niet zeer groot, ten naastenbij 100. Een groot aantal bevindt zich in universiteits-steden, opdat de directeur van de sterrenwacht tevens onderwys in de sterrenkunde aan de universiteit zoude kunnen geven en alleen in eenige landen vindt men de leerstoelen gescheiden van de sterrenwachten, in welke de sterrenkundige zich dan geheel aan den dienst van Urania wijden kan.

De sterrenkunde is eene wetenschap, welke steeds, door hare beoefening en hare belangrijke uitkomsten, vele vrienden en liefhebbers verworven heeft, die wezenlijk tot de uitbreiding der wetenschap hebben bijgedragen; zoo bestaan er ook eenige bijzondere sterrenwachten en vooral in die landen, waarin het gewicht der sterrenkunde voor de bevordering der scheepvaart erkend wordt.

Vermelden wij de sterrenwachten in alphabetische orde, dan heeft Duitschland observatoriën op de volgende plaatsen.

Altona, tegenwoordige bestuurder Peters, heeft eene kleine, door Schumacher in 1823 gebouwde sterrenwacht, welke gedurende langen tijd als model-sterrenwacht aangemerkt werd; de hoofdwerktuigen zijn een meridiaancirkel van Reichenbach en een aequatoriaal met voorwerglas van 160 millimeters opening.

Berlijn bezat oorspronkelijk eene in 1711 op een toren achter het Academie-gebouw opgerichte sterrenwacht, welke in de jaren 1832—35 door eene nieuwe, onder de leiding van Encke gebouwde vervangen werd. De twee meridiaancirkels met cirkels van 1 meter middellijn van Pistor & Martins hebben 190 en 110 millimeters opening, het aequatoriaal (refractor) van Utzschneider en Fraunhofer heeft eene opening van 240 millimeters. De bestuurder is Förster.

Bilk bezit eene kleine bijzondere sterrenwacht, door Benzenberg gesticht, en sedert het jaar 1846 toebehoorende aan de stad Düsseldorf. De bestuurder Luther heeft daar een groot aantal kleine planeten ontdekt.

Bonn bezit eene schoone sterrenwacht, verbonden aan de universiteit, en onder de leiding van den tegenwoordigen bestuurder Argelander gesticht. De hoofdinstrumenten zijn een heliometer met een voorwerglas van 160 millimeters, en een meridiaancirkel van Pistor & Martins met eene opening van 110 millimeters.

Bothkamp bij Kiel in Holstein bezit eene bijzondere sterrenwacht, door den heer Von Bülow in 1870 voltooid, dat voorzien is van een voortreffelijk aequatoriaal met eene opening van 290 millimeters. Dr. Vogel, de bestuurder van deze sterrenwacht, houdt zich voornamelijk bezig met de spectraalanalyse der hemellichamen.

Breslau (de bestuurder is Galle) heeft op het universiteitsgebouw eene kleine sterrenwacht, die niet meer aan de tegenwoordige eischen beantwoordt.

Gotha, waar in 1791 de eerste sterrenwacht door Von Zach op den Seeberg gebouwd werd, bezit nu eene nieuwe sterrenwacht in de stad onder de leiding van Hansen. Het hoofdinstrument is een aequatoriaal met eene opening van 110 millimeters, voorzien van eene eigenaardige door Hansen gevonden opstelling, waarbij in het bijzonder gelet is op het ophellen der doorbuiging van de assen.

Göttingen heeft eene sterrenwacht, verbonden aan de universiteit, onder Gauss in 1813—15 gesticht, voorzien van een meridiaancirkel van Reichenbach en ook een van Repsold. De tegenwoordige bestuurder is Klinkerfues.

Hamburg (bestuurder G. Rümker) bezit eene sterrenwacht, die gedeeltelijk bestemd voor nautische doeleinden, onder C. Rümker in 1820 voltooid werd, voorzien is van een meridiaancirkel van Repsold, welke eene opening van 110 millimeters heeft, en een aequatoriaal met eene opening van 260 millimeters.

Koningsbergen (bestuurder C. Luther) heeft eene sterrenwacht, verbonden met de universiteit, welke in de jaren 1811—13 door Bessel gebouwd werd, voorzien is van een meridiaancirkel van Repsold en een uitmuntend heliometer van Fraunhofer, die eene opening van 160 millimeters heeft.

Leipzig had van 1794—1861 zijne sterrenwacht, verbonden met de universiteit, op Pleisensburg en bezit sedert 1861 eene nieuwe door den tegenwoordigen directeur Bruhns gestichte sterrenwacht, welke toegerust is met een meridiaancirkel van Pistor & Martins van 160 millimeters opening en een aequatoriaal van 220 millimeters opening.

Lübeck bezit eene kleine zeevaartkundige sterrenwacht, onder de leiding van den directeur Thiel.

Mannheim (bestuurder Schönfeld) bezit sedert 1772 eene sterrenwacht op een hoogen toren. München (bestuurder Lamont) bezit sedert 1817 eene goede sterrenwacht te Bogenhausen, onder de leiding van Soldner gesticht; de hoofdwerktuigen zijn een refractor van Fraunhofer met eene opening van 270 millimeters en een meridiaancirkel (met cirkel van 1 meter middellijn) van Reichenbach, met eene opening van 110 millimeters.

Kleinere sterrenwachten waren vroeger werkzaam te Danzig, Marburg, Spiers, Tübingen, alsmede te Halle, Jena, enz.

Oostenrijk bezit twee sterrenwachten te Weenen, een onder het bestuur van C. von Littrow op het oude universiteitsgebouw; de andere is eene bijzondere sterrenwacht door den sterrenkundige Th. von Oppolzer gesticht; verder heeft men eene sterrenwacht te Praag (bestuurder Hornstein), eene te Krakau (bestuurder Karlinski) eene in Kremsmünster (bestuurder de abt Reshuber); vier van die sterrenwachten bevinden zich op hooge gebouwen; alleen die te Krakau beantwoordt gedeeltelijk aan de eischen welke men tegenwoordig stelt. Te Weenen en Krakau vindt men meridiaancirkels met cirkels van 1 meter middellijn en aequatoriaal van omtrent 160 millimeter opening.

De sterrenwachten te Ofen, Olmütz en Sentenberg (de beide laatste bijzondere sterrenwachten) bestaan niet meer.

Zwitserland heeft eene kleine sterrenwacht te Genève (bestuurder Plantamour), eene nieuwe, in 1859 onder de leiding van Hirsch gestichte te Neuenburg, met een meridiaancirkel met cirkels van 1 meter middellijn en van 130 millimeters opening, van Ertel in München, en eene nieuwe eedgenootschappelijke sterrenwacht te Zürich (bestuurder Wolf).

Italië bezit sterrenwachten te Bologna; te Florence (bestuurder Donati) wordt eene nieuwe gebouwd en voorzien van een grooten refractor van 240 millimeters opening; in Milaan (bestuurder Schiaparelli) bestaat eene sterrenwacht, verbonden aan de universiteit op het gebouw Brera; te Modena is Ragona bestuurder; te Napels is Gasparis bestuurder, die eene nieuwe sterrenwacht met een meridiaancirkel van Repsold verkregen heeft; te Padua is Santini bestuurder; te Palermo Cacciatori, onder Piazzi bezat de sterrenwacht groote vermaardheid; te Rome heeft men twee sterrenwachten, eene op het Kapitol onder Respighi en eene in het Collegio Romano onder Secchi, deze laatste voorzien van een aequatoriaal met eene opening van 240 millimeters; verder heeft men nog te Turin eene kleine sterrenwacht op een toren.

Griekenland bezit eene sterrenwacht te Athene, in 1847 door baron Von Sina gebouwd, alwaar Jul. Schmidt nog steeds met kleine werktuigen werkzaam is.

Rusland is in het bezit van eene menigte zeer fraaie en nieuwe sterrenwachten. Te Dorpat (gesticht in 1804) werd onder W. Struve een refractor van 140 millimeters opening en een meridiaancirkel van Reichenbach verkregen. De opvolger van Struve was Mädler en thans is Clausen bestuurder. Te Helsingfors, in 1831—33 onder de leiding van Argelander gesticht, bevindt zich een meridiaancirkel van Reichenbach en een refractor van 170 millimeters opening, de tegenwoordige directeur is Krüger. Te Kasan (bestuurder Kowalski) is de sterrenwacht in 1814 gebouwd, zij is in het bezit van een refractor van Fraunhofer, hebbende eene opening van 240 millimeters. Te Moskou (bestuurder Schweizer) heeft men een meridiaancirkel van Repsold en een refractor van 270 millimeters opening. Nicolajeff, bestuurder Hübner, heeft eene zeevaartkundige sterrenwacht; te Odessa heeft men eene sterrenwacht verbonden aan de universiteit (bestuurder Berkiewicz). Te Kiev (bestuurder Chandrikow) bezit de sterrenwacht een refractor met eene opening van 240 millimeters, te Wilna (bestuurder Smislow) een heliographischen toestel, om photographieën van de zon te vervaardigen; te Warschau is in 1824 eene sterrenwacht voltooid, welke toegerust is met een meridiaancirkel van Reichenbach; tegenwoordig is de bestuurder Wactokoff. Te Petersburg is eene sterrenwacht, verbonden met de universiteit, onder het bestuur van Sawitsch, gebouwd op een toren.

Te Pulkowa heeft men de groote sterrenwacht, welke onder de leiding van W. Struve, die door zijn zoon O. Struve als bestuurder werd opgevolgd, in 1829 voltooid werd, en toegerust is met de voortreffelijkste werktuigen; met een meridiaancirkel van Repsold, hebbende cirkels van 1 meter middellijn en eene opening van 140 millimeters, met een refractor van 380 millimeters opening, met een heliometer van 190 millimeters opening, en met eene groote menigte nieuwe werktuigen b.v. een vertikaal-cirkel, enz.

Zweden en Noorwegen bezitten eene sterrenwacht te Lund, gebouwd in 1866, die bestuurd wordt door Möller, en toegerust is met een refractor, hebbende eene opening van 240 millimeters; eene sterrenwacht te Upsala, directeur Svanberg, gesticht in 1854, met een even zoo groot werktuig als in Lund. Er is te Stockholm eene sterrenwacht, onder het bestuur van Gijlden, welke verbonden is met de academie; eene met de universiteit vereenigde sterrenwacht treft men verder aan te Christiania, wier bestuurder thans Fearnley is, en die toe-

gerust is met een meridiaancirkel van Repsold en een refractor van 190 millimeters opening. Te Bergen heeft men ook nog eene kleine sterrenwacht.

Denemarken bezit eene nieuwe sterrenwacht, in het jaar 1858 gesticht, te Kopenhagen, onder het bestuur van d'Arrest en voorzien van een meridiaancirkel van Pistor & Martins van 130 millimeters opening en van een refractor, wiens voorwerpglas eene opening van 270 millimeters heeft.

Groot-Britannië en Ierland bezitten een zeer groot aantal sterrenwachten, bestaande uit staats-, universiteits- en privaatschichtingen. De sterrenwacht te Greenwich werd in 1674 voltooid, en Flamsteed was haar eerste bestuurder, die opgevolgd werd door Halley, Bradley, Blix, Maskelyne, Pond en Airy; zoowel onder Bradley als onder Airy werden de werktuigen vernieuwd en thans zijn de hoofdwerktuigen een meridiaancirkel met eene opening van 200 millimeters, een aequatoriaal van 325 millimeters opening en een altazimuth-werktuig. Oxford bezit eene sterrenwacht, thans onder de leiding van R. Main, waartoe de hertog van Marlborough den grond afstond. Dr. Radcliffe de middelen schonk en die in 1772 gesticht werd. De sterrenwacht is nu in het bezit van een meridiaancirkel, als ook van een heliometer van Repsold, welke 190 millimeters opening heeft. In Cambridge heeft men in 1820 eene sterrenwacht (bestuurder Adams) gesticht, welke nu voorzien is van een meridiaancirkel met eene opening van 130 millimeters en een door den hertog van Northumberland geschenken aequatoriaal, die eene opening van 325 millimeters heeft. Dublin is in lateren tijd onder het bestuur van Brunnow voorzien van een aequatoriaal met eene opening van 200 millimeters en bezit ook een grooten meridiaancirkel van Pistor & Martins. De sterrenwacht te Durham staat onder het bestuur van Chevallier; de in 1818 te Edinburg gebouwde, tijdelijk onder Smyth, bezit een meridiaancirkel van Repsold met eene opening van 160 millimeters; die te Glasgow onder bestuur van Grant, heeft een even grooten meridiaancirkel van Ertel; op de sterrenwacht te Kew houden zich Stuart en Löwy vooral met zons-meteorologische en magnetische waarnemingen bezig. Liverpool heeft een nieuwe sterrenwacht verkregen, waarvan het aequatoriaal eene opening heeft van 200 millimeters; de sterrenwacht aan het Stonyhurst College verkreeg in 1867 een nieuwen koepel en een even groot aequatoriaal als Liverpool; de sterrenwacht te Armagh is in 1793 gesticht en Robinson heeft er een goede sterren-catalogus vervaardigd. Te Portsmouth heeft men eene sterrenwacht voor de Marine.

Onder de bijzondere sterrenwachten bezit die van Lord Rosse te Birr-Castle den reeds genoemden grooten spiegeltelescoop met zijn spiegel van bijna twee meters opening. Te Cardington bij Bedford heeft Mr. Whitbread eene sterrenwacht; te Churt (Surrey) arbeidt Carington; te Cranford bij Londen werkt Warren de la Rue met een spiegeltelescoop van 200 millimeters opening aan het photographisch afbeelden van de maan en van andere hemellichamen; te Crumppoll bij Manchester heeft Worthington zijne sterrenwacht. Te Londen heeft Mr. Bishop de sterrenwacht van zijn vader, nu te Twickenham, terwijl bij Hind met het aequatoriaal van 180 millimeters opening de waarnemingen laat volbrengen. Eene andere sterrenwacht te Londen (te Leyton) stichtte Mr. Barclay. Op eene bijzondere sterrenwacht te Tarn Bank meet Mr. Fletcher vooral dubbelsterren; te Tulschill bij Londen onderzoekt Mr. Huggins met een hem door het Engelsch sterrenkundig gezelschap bezorgd aequatoriaal van 380 millimeters opening de spectra van de hemellichamen.

Nederland bezit twee sterrenwachten; eene nieuwe te Leiden, in 1860 onder Kaiser gesticht; het hoofdwerktuig is een meridiaancirkel van Pistor & Martins met eene opening van 160 millimeters; de refractor heeft eene opening van 190 millimeters; terwijl de in 1853 nieuw gestichte sterrenwacht te Utrecht een aequatoriaal van 270 millimeters opening bezit.

België heeft zijne sterrenwacht onder het bestuur van Quetelet te Brussel gedeeltelijk nog voorzien van werktuigen van de oude constructie.

Frankrijk bezit eene groote sterrenwacht te Parijs, welke onder Lodewijk XIV in de jaren 1668—71 gebouwd werd, en wier eerste bestuurders de Cassini's waren. Onder het bestuur van Leverrier werd een groot aequatoriaal van 300 millimeters opening en een meridiaancirkel met kijker van 240 millimeters opening aangeschaft. Thans is Delaunay directeur ¹⁾. Eene filiaal-sterrenwacht van Parijs bestaat te Marseille, onder de leiding van Stephan, voorzien van een spiegeltelescoop met een verzilverden spiegel naar Foucault.

In Spanje zijn twee sterrenwachten; die te Madrid heeft een meridiaancirkel van Repsold van 135 millimeters opening en een aequatoriaal van Merz met eene opening van 270 millimeters; de andere te San-Fernando bij Cadix is alleen eene sterrenwacht voor de Marine.

Portugal bezit twee sterrenwachten, eene oude te Coimbra, en een nieuwe te Lissabon, welke laatste toegerust is met een grooten meridiaancirkel, volkomen gelijk aan die te Pulkowa, en een even groot aequatoriaal, beide te Hamburg door Repsold vervaardigd.

In Amerika heeft men in de Vereenigde Staten zeer veel voor de sterrenkunde gedaan; de meeste sterrenwachten aldaar zijn gesticht door bijzondere personen en verbeterd

¹⁾ Delaunay, door een ongelukkig toeval het leven verloren hebbende, is onlangs door den vroegeren directeur Leverrier opgevolgd.
N. v. d. V.

door schenkingen. In de stad Albany is door Gould eene sterrenwacht in het leven geroepen, waartoe eene Miss Dudley alleen 105000 dollars gegeven heeft. De werktuigen zijn een groote meridiaancirkel van Pistor & Martins van 160 millimeters en een aequatoriaal van 240 millimeters opening. Ann Arbor, in den staat Michigan, alwaar Watson bestuurder is, bezit even voortreffelijke werktuigen. Cambridge, bij Boston, waarvan thans Winlock de bestuurder is, is in het bezit van een aequatoriaal van 380 millimeters en een meridiaancirkel van 210 millimeters opening. Chicago, eerst onlangs gesticht, waarvan Safford de bestuurder is, heeft een aequatoriaal met voorwerp glas ter grootte van 425 millimeters, waarmede Clarke den begeleider van Sirius ontdekte, en is bovendien in het bezit van een meridiaancirkel. Te Clinton aan het Hamilton-College, in den staat New-York, heeft de sterrenwacht een aequatoriaal van 270 millimeters opening, waarmede haar bestuurder Peters een aantal kleine planeten ontdekt heeft. Te Cincinnati, bestuurder Cleveland Abbe, en te Georgetown, heeft men nieuwe sterrenwachten, als ook te Philadelphia en Quebec. De staats-sterrenwacht der Vereenigde Staten daarentegen, gevestigd te Washington, is in de jaren 1842—45 gebouwd, stond onder het bestuur van Maury, Davis, Gillis en wordt nu bestuurd door Sands; zij is toegerust met een groot aequatoriaal van 270 millimeters opening en andere groote werktuigen.

In Zuid-Amerika heeft men tot nu toe weinig sterrenwachten. Santiago in Chili bezit een meridiaancirkel van Pistor & Martins en zal een aequatoriaal van 240 millimeters opening verkrijgen. Te Rio de Janeiro bevindt zich sedert korten tijd ook eene sterrenwacht; eene nieuwe sterrenwacht te Cordova (Argentijnsche republiek) wordt onder de leiding van Gould gesticht en een andere moet ook onder P. Menten te Quito worden gebouwd.

Afrika heeft in het voorgebergte de kaap de Goede Hoop zijne sterrenwacht, alwaar Maclear gedurende langen tijd werkzaam geweest is en Stone thans bestuurder is. Zij is toegerust met goede werktuigen, een meridiaancirkel en een aequatoriaal met een kijker van 2,5 meter brandspuntsafstand.

Azië heeft werkzame sterrenwachten te Madras, waar de Engelsche sterrenkundige Pogson bestuurder is, en te Batavia (meer tot geographische werkzaamheden ingericht) onder de leiding van den Nederlander Oudemans. Te Peking bestaat een kleine Russische sterrenwacht en zal een grotere door het Hemelsche Rijk worden gesticht.

Australië bezit eene sterrenwacht te Melbourne, Williamstown, bestuurder Ellery, voorzien van een meridiaancirkel van 125 millimeters, een aequatoriaal van 115 millimeters opening en een nieuwen grooten spiegeltelescoop; eene andere sterrenwacht vindt men te Sydney. Eene bijzondere sterrenwacht te Windsor (New-South-Wales) staat onder de leiding van Tebtutt; de sterrenwacht te Paramatta, vóór 50 jaren door Brisbane gesticht, schijnt niet meer werkzaam te zijn.

Onze plaat 8 geeft afbeeldingen van verscheidene sterrenwachten. Fig. 1 stelt de sterrenwacht te Greenwich voor, fig. 2 de schoone sterrenwacht te Pulkowa en wel gezien van de noordzijde, fig. 3 is eene afbeelding van de zuidzijde; fig. 4 geeft eene horizontale doorsnede; fig. 5 en 6 zijn afbeeldingen van de sterrenwacht te Leipzig, van de noord- en zuidzijde, en fig. 7 stelt eene doorsnede voor.

In al deze sterrenwachten herkent men gemakkelijk de koepels voor de aequatorialen en refractoren, de waarnemingsvertrekken voor meridiaancirkels, meridiaankijkers en passage-werktuigen in den eersten vertikaal. De sterrenwacht te Pulkowa heeft eene hoofdkoepel en twee bijkoepels en op den grond nog zeven kleinere koepels, die gedeeltelijk bestemd zijn voor kleinere werktuigen, tot het geven van onderwijs in het geographische plaatsbepalen, en voor kleine refractoren, photometer enz. De hoofdsterrenwacht te Pulkowa heeft twee groote meridiaanzalen, en eene zaal voor een verticaal-cirkel, geplaatst in de richting van het oosten naar het westen (fig. 4). De woningen der sterrenkundigen grenzen, gescheiden in twee afzonderlijke vleugels, aan de sterrenwacht. De sterrenwacht te Leipzig bezit twee koepels en nog een alleenstaanden koepel tot het volbrengen van onderzoekingen met den spectroscop. Zij heeft een grotere en een kleinere meridiaankamer en een waarnemingsvertrek met eene doorsnede in de richting van het oosten naar het westen (fig. 7.) De woning van den bestuurder ligt aan de westzijde en de woningen voor de medearbeiders aan de oostzijde.

Fig. 8, 9, 10 stellen inwendige deelen van de sterrenwacht voor; fig. 8 is de koepel van binnen gezien, met het aequatoriaal, uurwerk, draagbare kijker, en een kometenzoeker; fig. 9

geeft eene voorstelling van het inwendige der meridiaankamer met den meridiaancirkel en de noodige hulptoestellen; fig. 10 geeft een afbeelding van den kleinen oostelijken koepel met den kleinen refractor, eene photometer enz.

Ten slotte geven wij een overzicht van de geographische ligging der voornaamste openbare en bijzondere sterrenwachten in alphabetische rangschikking, waarbij de bijzondere sterrenwachten aangeduid zijn met een klein sterretje aan het begin van den naam der plaats.

Ligging van de voornaamste sterrenwachten.

NAAM DER PLAATS.	Geographische breedte.	Lengte gerekend van hier: + oostelijk — westelijk	NAAM DER PLAATS.	Geographische breedte.	Lengte gerekend van hier: + oostelijk — westelijk
Albany	+ 42 59.8	u m s	*Londen (Mr. Bishop's Obs.)	+ 51 27.2	u m s
Altona	+ 53 32.8	+ 0 13 49	*Londen (Mr. Barclay's Obs.)	+ 51 34.6	+ 0 53 48
Ann Arbor	+ 42 16.8	+ 6 28 30	Lübeck	+ 53 51.5	+ 0 10 49
Armagh	+ 54 21.2	+ 1 20 10	Lund	+ 55 41.9	+ 0 0 50
Athene	+ 37 58.3	- 0 41 21	Madras	+ 13 4.1	- 4 27 22
Batavia	- 6 7.6	- 6 13 38	Madrid	+ 40 24.5	+ 1 8 20
Berlijn	+ 52 30.3	0 0 0	Milaan	+ 45 28.0	+ 0 16 49
Bilk	+ 51 12.4	+ 0 26 30	Mannheim	+ 49 29.2	+ 0 19 44
*Birr-Castle (Lord Rosse)	+ 53 5.8	+ 1 25 16	Marseille	+ 43 17.8	+ 0 32 6
Bologna	+ 44 29.8	+ 0 8 10	Melbourne	- 37 49.9	- 8 46 19
Bonn	+ 50 43.7	+ 0 25 11	Modena	+ 44 38.9	+ 0 9 52
*Bothkamp (bij Kiel)	+ 54 12.2	+ 0 13 4	Moskou	+ 55 45.3	- 1 36 42
Breslau	+ 51 6.9	- 0 14 34	München	+ 48 8.7	+ 0 7 9
Brussel	+ 50 51.2	+ 0 36 6	Napels	+ 40 51.8	- 0 3 24
Cambridge (Engeland)	+ 52 12.9	+ 0 53 12	Neuchâtel	+ 47 0.0	+ 0 25 45
*Cambridge (Mass.)	+ 42 22.8	+ 5 38 6	New-York	+ 40 52.7	+ 5 49 31
*Cardington (bij Bedford)	+ 52 6.4	+ 0 55 14	Nicolajeff	+ 46 58.3	- 1 14 19
Chicago	+ 41 50.0	+ 6 44 1	Oxford	+ 51 45.6	+ 0 58 37
Christiania	+ 59 54.7	+ 0 10 41	Padua	+ 45 24.0	+ 0 6 6
*Churt (Surrey)	+ 51 8.8	+ 0 56 37	Palermo	+ 38 6.7	+ 0 0 11
Clinton (New-York)	+ 43 3.3	+ 5 55 12	Parijs	+ 48 50.2	+ 0 44 14
Coimbra	+ 40 12.4	+ 1 27 9	Petersburg	+ 59 56.5	- 1 7 39
*Crauford	+ 51 29.0	+ 0 55 13	Philadelphia	+ 39 57.1	+ 5 54 13
*Crumpsall (bij Manchester)	+ 53 30.8	+ 1 2 31	Portsmouth	+ 50 48.0	+ 0 57 59
Dorpat	+ 58 22.8	- 0 53 19	Praag	+ 50 5.3	- 0 4 6
Dublin	+ 53 23.2	+ 1 18 57	Pulkowa	+ 59 46.3	- 1 7 44
Durham	+ 54 46.1	+ 0 59 55	Quebec	+ 46 48.5	+ 5 38 24
Edinburg	+ 55 57.4	+ 1 6 18	Rio de Janeiro	- 22 53.8	+ 3 46 11
Florence	+ 43 46.1	+ 0 8 33	Rome	+ 41 53.9	+ 0 8 39
Genève	+ 46 12.0	+ 0 28 58	San Fernando (bij Cadix)	+ 36 27.7	+ 1 18 25
Georgetown-College, D. C. (V. St.)	+ 38 54.4	+ 6 1 53	Santiago in Chili	- 33 26.4	+ 5 36 8
Glasgow	+ 55 52.7	+ 1 10 47	Stockholm	+ 59 20.6	- 0 18 39
Gotha (nieuwe sterrenwacht)	+ 50 56.6	+ 0 10 44	Stonyhurst College	+ 53 50.7	+ 1 3 28
Göttingen	+ 51 31.8	+ 0 13 49	Sydney	- 33 51.7	- 9 11 25
Greenwich	+ 51 28.6	+ 0 53 35	*Tarn Bank	+ 54 59.2	+ 1 8 20
Hamburg	+ 53 33.1	+ 0 13 41	*Tulse Hill (bij Londen)	+ 51 26.8	+ 0 54 3
Helsingfors	+ 60 9.7	- 0 46 16	Turin	+ 45 4.1	+ 0 22 46
Kasan	+ 55 47.4	- 2 22 54	Upsala (Nieuw Zuid-Wales)	+ 59 51.5	- 0 16 55
Kew	+ 51 28.1	+ 0 54 50	Utrecht	+ 52 5.2	+ 0 33 3
Koningsbergen	+ 54 42.8	- 0 28 24	Kaap de Goede Hoop	- 33 56.0	- 0 20 20
Kopenhagen	+ 55 41.2	+ 0 3 16	Warschau	+ 52 13.1	- 0 30 32
Krakau	+ 50 3.8	- 0 26 16	Washington	+ 38 53.6	+ 6 1 47
Kremsmünster	+ 48 3.4	- 0 2 57	Weenen	+ 48 12.6	- 0 11 56
Leiden	+ 52 9.3	+ 0 35 39	Weenen (Oppolzer's Obs.)	+ 48 12.9	- 0 11 50
Leipzig	+ 51 20.1	+ 0 4 1	Wilna	+ 54 41.0	- 0 47 37
Lissabon	+ 38 42.3	+ 1 29 57	*Windsor (nieuwe sterrenwacht)	- 33 36.5	- 9 9 41
Liverpool	+ 53 24.8	+ 1 5 35	Zurich	+ 47 52.5	- 0 19 23

Korte verklaring van Plaat XIII.

De nieuwe sterrenwacht te Leiden ligt binnen het grondgebied van de gemeente en is gebouwd op de plaats alwaar zich in vroeger tijd, toen de stad nog eene vesting was, een der bolwerken bevond en welke vóór de stichting der sterrenwacht een deel van den botanischen tuin uitmaakte. Eene schoone met eikenboomen beplante laan leidt tot het groote en sierlijke gebouw. De hoofdingang en dus ook de voorgevel van het gebouw zijn gelegen aan de noordzijde. Op plaat XIII geeft echter fig. 3 eene afbeelding van de zuidzijde der sterrenwacht, met den aan die zijde gelegen tuin van den bestuurder. Onmiddellijk vallen de twee koepels, bestemd voor de beide refractoren, welke de sterrenwacht bezit, in het oog. Tusschen beiden ligt een vrij groot plat, dat dient tot het waarnemen met draagbare werktuigen in de open lucht.

De hoofdingang leidt tot eene groote vestibule, in wier midden zich het onderende van den uit baksteen gemetselden pilaar bevindt, die tot aan den vloer van den grootsten koepel reikt en zich geheel vrij door de zolderingen van de boven de vestibule gelegene vertrekken verheft. De steenen vloer van de vestibule zelfs rust op een steenen gewelf, en is ook geheel van den pilaar afgescheiden, zoodat trillingen aan dien vloer medegedeeld, zich niet gemakkelijk tot het bovende van den pilaar kunnen voortplanten. In de genoemde vestibule bevinden zich eenige oude sterrenkundige werktuigen, welke voor de geschiedenis der sterrenkunde betekenis hebben. Aan de zuidzijde van den evengenoemden pilaar is een sterrenkundig slingeruurwerk opgehangen, dat voorzien is van eene eigenaardige inrichting, dienende om langs galvanischen weg de aanwijzing van dat uurwerk in verschillende vertrekken van de sterrenwacht op zoogenaamde sympathetische klokken over te brengen. Die bijtostel, de zoogenaamde stroomafbreker, dient ook om op de registreertoestellen den tijd naar die pendule op te teekenen. De pendule met stroomafbreker als ook de sympathetische klokken en een der registreertoestellen, die de sterrenwacht bezit, zijn afkomstig uit het atelier van den Heer KNOBLICH te Altona.

Aan de zuidzijde is de vestibule van de gangen afgesloten door drie glazen deuren. Tegenover de middelste deur heeft men den gang, welke leidt, aan de linkerzijde, tot de zoogenaamde cijferkamer en aan de rechterzijde tot de receptie- of directeurskamer. Aan het einde van dien gang komt men in eene kleine vestibule, waar zich het onderende van den pilaar bevindt, waarop de kleine refractor geplaatst is. Ook deze pilaar is nergens met de zolderingen en vloeren in aanraking, om zooveel mogelijk nadeelzige invloeden bij de waarneming onschadelijk te maken. Aan de zuidzijde heeft de kleine vestibule eene deur, welke toegang geeft tot den tuin der sterrenwacht.

In de cijferkamer, welke, zooals uit den naam reeds afgeleid kan worden, bestemd is tot het volbrengen van cijfer- en schrijfwerk, bevindt zich de bibliotheek der sterrenwacht, tot heden bijna uitsluitend bestaande uit geschenken van andere sterrenwachten en bijzondere personen. Ook zijn in die kamer opgesteld de twee reeds genoemde registreertoestellen. De een is, zooals ik reeds gezegd heb vervaardigd door KNOBLICH uit Altona, de ander door MAYER WOLF uit Weenen. Beide toestellen kunnen, echter niet gelijktijdig, bij den meridiaancirkel, het passage-instrument van PISTOR & MARTINS en het universeel-instrument van REPSOLD gebruikt worden. Daartoe gaan er, in bijzondere vertakkingen, galvanische geleidraden van deze werktuigen naar de vertrekken, alwaar de genoemde werktuigen opgesteld zijn. Het passage-instrument van PISTOR & MARTINS is opgesteld in een afzonderlijk daartoe vervaardigd gebouwtje, dat gelegen is in den tuin van den bestuurder der sterrenwacht. Het instrument rust op een goed gefundeerde pilaar en het vertrek is voorzien van gewone meridiaanclappen en ook van eene doorsnede in de richting van het oosten naar het westen. De toegang naar de meridiaanzaal geeft een gang, die loodrecht den gang snijdt, welke tot de cijfer- en de directeurs- of receptiekamer leidt. Zoodra men de groote noord-vestibule door eene der glazen deuren verlaat, komt men in dien dwarsgang, welke links leidt naar eene ruime collegie-kamer en rechts naar de meridiaanzaal. De meridiaancirkel is het hoofdwerktuig der sterrenwacht en de meridiaanzaal geheel ingericht naar de denkbeelden van haren voormaligen bestuurder Prof. F. KAISER. Om

eene eenigzins duidelijke voorstelling van deze zaal te geven is zij op Plaat XIII, fig. 4, in teekening gebracht. Het hoofdwerktuig, de eigenlijke meridiaancirkel, is op de plaat duidelijk zichtbaar. Het ligt op pannen tusschen twee gemetselde pilaren, die, geheel van den vloer afgescheiden, op eene zware fundering rusten. Beide pilaren zijn omgeven van trappen, welke dienen om de aflezingsmicroscopen te kunnen bereiken. De meridiaandoorsnede is op de figuur gedeeltelijk zichtbaar; men ziet aan beide zijden van de doorsnede rollen, waarover touwwerk heen loopt, waaraan een zeildoek bevestigd is. In dat zeildoek is eene opening, groot genoeg om het geheele beeld van de zon in het voorwerpglas van den kijker te doen vallen, maar toch zoo klein, dat dan geen zonlicht de overige deelen van het instrument beschijnen kan. Met een kruk, zichtbaar onder aan de linkerzijde van de plaat, kan men het touwwerk en daarmede ook het zeildoek langs de meridiaandoorsnede bewegen, zoodat men bij elken stand van de zon in den meridiaan, het zonlicht juist door de genoemde opening op het voorwerpglas van den kijker kan doen vallen. Aan de noord- en aan de zuidzijde van de meridiaandoorsnede ziet men een gemetselden pilaar. Beide pilaren zijn wederom geheel afgescheiden van den vloer der kamer en dienen tot het dragen van zoogenaamde collimatoren, toestellen welke tot het rectificeren van de as des kijkers en tot het bepalen van de overblijvende collimatiefout gebruikt kunnen worden. Op onze teekening zijn die toestellen niet op de pilaren aanwezig, maar vervangen door lenzen van zeer grooten brandpuntsafstand. Hetzelfde doel, zoo even besproken, kan volkomener bereikt worden, indien men in de richting van het noorden en zuiden zoogenaamde meridiaanteekens opricht. Bij de sterrenwacht te Leiden heeft men dit dan ook gedaan en op den singel aan de zuidzijde en in den botanischen tuin aan de noordzijde van het gebouw vindt men op vrij grooten afstand van het middenpunt des meridiaancirkels zulke meridiaanteekens opgesteld op goed gefundeerde steenen palen, welke om den invloed van temperatuurverschillen zoo onschadelijk mogelijk te maken, omgeven zijn van twee houten kokers wier tusschenruimte met turfmois is aangevuld. Omdat het oculair van den kijker, voor de waarnemingen aan den hemel, gesteld moet zijn voor zeer ver verwijderde voorwerpen, de sterren namelijk, en de meridiaanteekens betrekkelijk dus zeer dichtbij liggen, zoude men om hen scherp te kunnen zien het oculair moeten uitschuiven. Om dit onnoodig te maken, en een bron van fouten, die ontstaan zou, te vermijden, zijn op de genoemde pilaren de lenzen zoodanig aangebracht, dat de meridiaanteekens juist liggen in de voorname brandpunten der lenzen. Door die lenzen naar de meridiaanteekens ziende, zullen deze dus op oneindigen of zeer grooten afstand schijnen te liggen.

Aan de linkerzijde van de plaat ziet men een trapgestel, een weinig in het verschiet, en gedeeltelijk bedekt door den linker collimator-pilaar, hetwelk langs ijzeren sporen, door middel van de ook van ijzeren sporen voorziene schijf, welke in den vloer ingelaten is, tusschen de cirkels en de pilaren van het instrument gebracht kan worden. Eene eigenaardige inrichting veroorlooft zonder eenige moeite den trap naar voren in een genoegzamen schuins stand te brengen om haar te kunnen bestijgen en op de tribune te komen. Dit trapgestel wordt bij de nadir-bepaling gebruikt, als wanneer de kijker in den verticalen stand gebracht moet worden met het oculaireinde naar boven, en men dus zonder trapgestel het oculair niet zoude kunnen bereiken.

Tusschen de pilaren van den meridiaancirkel ziet men den waarnemingsstoel, welke ook op ijzeren sporen loopt en zoodanig is ingericht, dat de zitting tot leuning en de leuning weder tot zitting gebruikt kan worden, al naar gelang de stoel aan de noordzijde of aan de zuidzijde dienst moet doen. In het verschiet ziet men een glazen kast, welke den geheelen meridiaancirkel kan bedekken en daartoe op ijzeren sporen beweegbaar is. Het eenvoudig draaien aan een handkruk doet de kast langzaam over het instrument rollen. In ons klimaat is het nemen van deze maatregel, om het instrument tegen schadelijke invloeden te beveiligen, gebiedend noodig. In de meridiaankamer heeft men nog een pilaar, welke geheel van den vloer is afge-

scheiden en rust op dezelfde zware fundering van de pilaren des meridiaancirkels. Deze pilaar, die op de plaat niet zichtbaar gemaakt kon worden, dient voor het sterrenkundig slingeruurwerk, Hohwu N^o. 17, terwijl er tevens eenige barometers en thermometers aan bevestigd zijn. De meridiaancirkel zelf is ingericht als die, welke op de sterrenwacht te Leipzig voorhanden is en behoeft dus niet beschreven te worden.

Onmiddellijk aan de meridiaanzaal grenst de woning van den bestuurder, hetgeen men gemakkelijk op den bovensten kleinen platten grond van de sterrenwacht fig. 2 kan nagaan. De woning zelve is niet hoog opgetrokken, opdat men, van de torens uit, den horizon, voor zoover mogelijk, zoude kunnen zien.

Aan het andere einde van de gang, welke naar de meridiaanzaal leidt, heeft men, zooals reeds gezegd is, den toegang tot de college-kamer. Even voor dat men van de college-kamer komt, heeft men aan de rechterzijde een klein kamertje, dat tot atelier van den werktuigkundige van de sterrenwacht ingericht is. Door de college-kamer komt men in de woningen van het personeel der sterrenwacht, bestaande uit een 1^{sten} en een 2^{den} observator en twee custoden, waarvan er één in staat moet zijn eenvoudige werktuigen te vervaardigen en te herstellen.

De trap, die naar de bovenvertrekken voert, ligt in de gang, zoo even genoemd, bij de groote vestibule en is een in tweeën verdeelde wenteltrap. Het eerste gedeelte leidt tot een portaal, waarin de Marine-kamer, de groote waarnemingszaal voor draagbare werktuigen en het tweede gedeelte van de wenteltrap uitkomen. De Marine-kamer, een vertrek, dat boven de

groote vestibule ligt, heeft dezelfde grootte als deze, terwijl ook de groote pilaar, waarop de refractor staat, er door heen gaat. Zij is bestemd tot het bewaren van de Rijks zee-instrumenten, die onder het afzonderlijk beheer van een daartoe benoemd persoon, den Verificateur van 's Rijks zee-instrumenten, staan. De waarnemingszaal voor draagbare instrumenten is op onze Plaat afgebeeld door fig. 5. De kamer is zoodanig gebouwd, dat men in alle richtingen met de draagbare werktuigen den hemel beschouwen kan. Staan de hemellichamen te hoog om ze uit de ramen te kunnen zien, dan wordt een groot luik opengeschoven, om ook de in de nabijheid van het zenith staande sterren te kunnen waarnemen. Op onze plaat is het luik opengeschoven voorgesteld, en eenige kijkers zijn naar de opening gericht. Op den achtergrond van onze plaat ziet men een klein kamertje, waarin zich een passage-instrument en een universaal-instrument bevinden. Het is voorzien van eene meridiaandoorsnede en wordt daarom meridiaankamertje genoemd. Juist tegenover dat kamertje bevindt er zich juist zoo een, waarin een schoon universaal-instrument van REPSOLD is opgesteld.

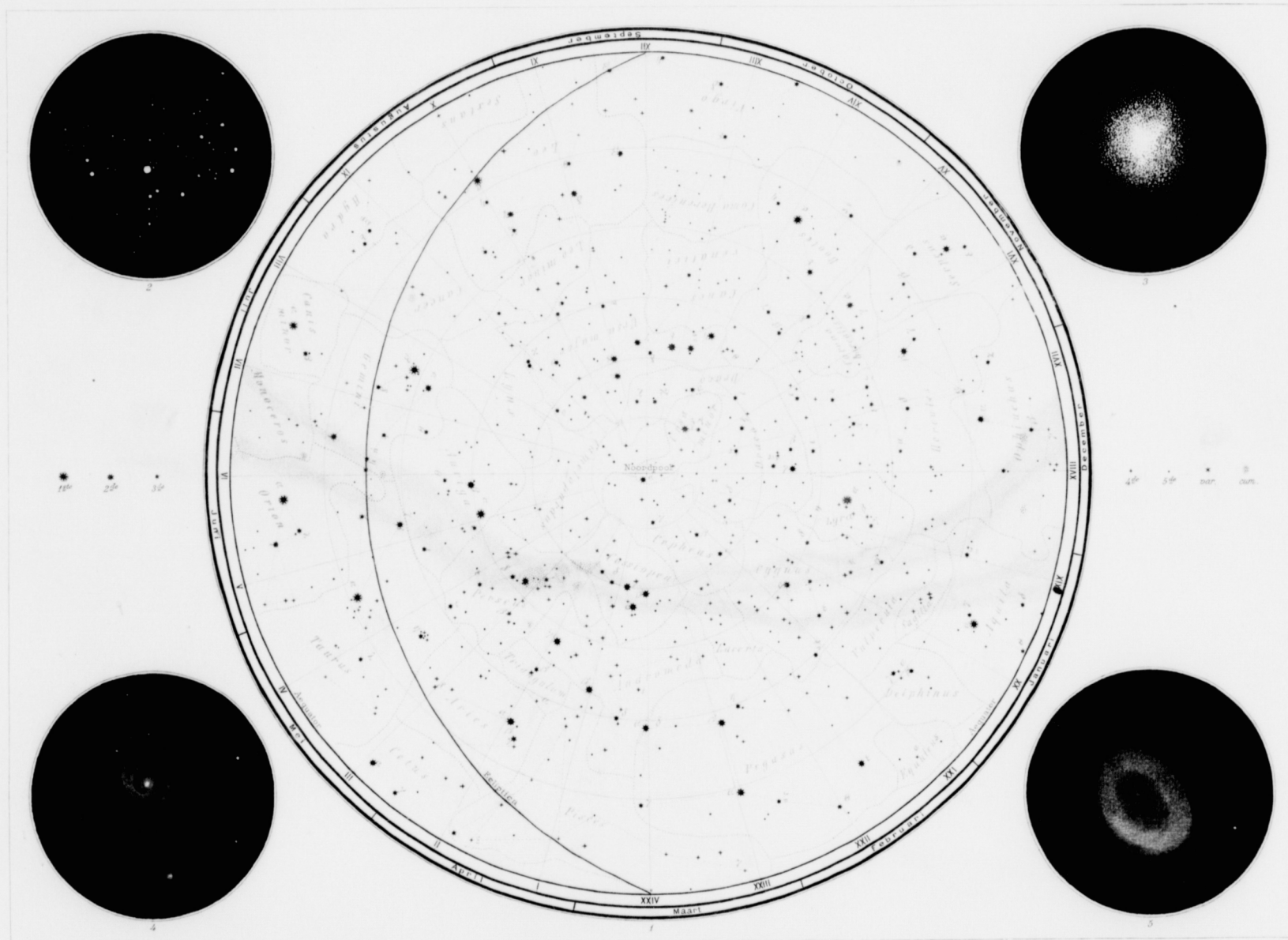
Aan de rechterzijde van de plaat ziet men gedeeltelijk eene deur, welke leidt naar den kleinen draaikoezel. In dezen koezel is een refractor van MERZ & ZOON van 6 duim opening opgesteld.

Het tweede gedeelte van de wenteltrap bestijgende, komt men op het plat van de sterrenwacht en in den grooten draaikoezel, welke voorzien is van een 7 duims refractor van MERZ. Onder den grooten koezel heeft men nog een vertrek, dat tot het onderzoek van de reflexie-werktuigen der Nederlandsche Marine wordt gebezigd.

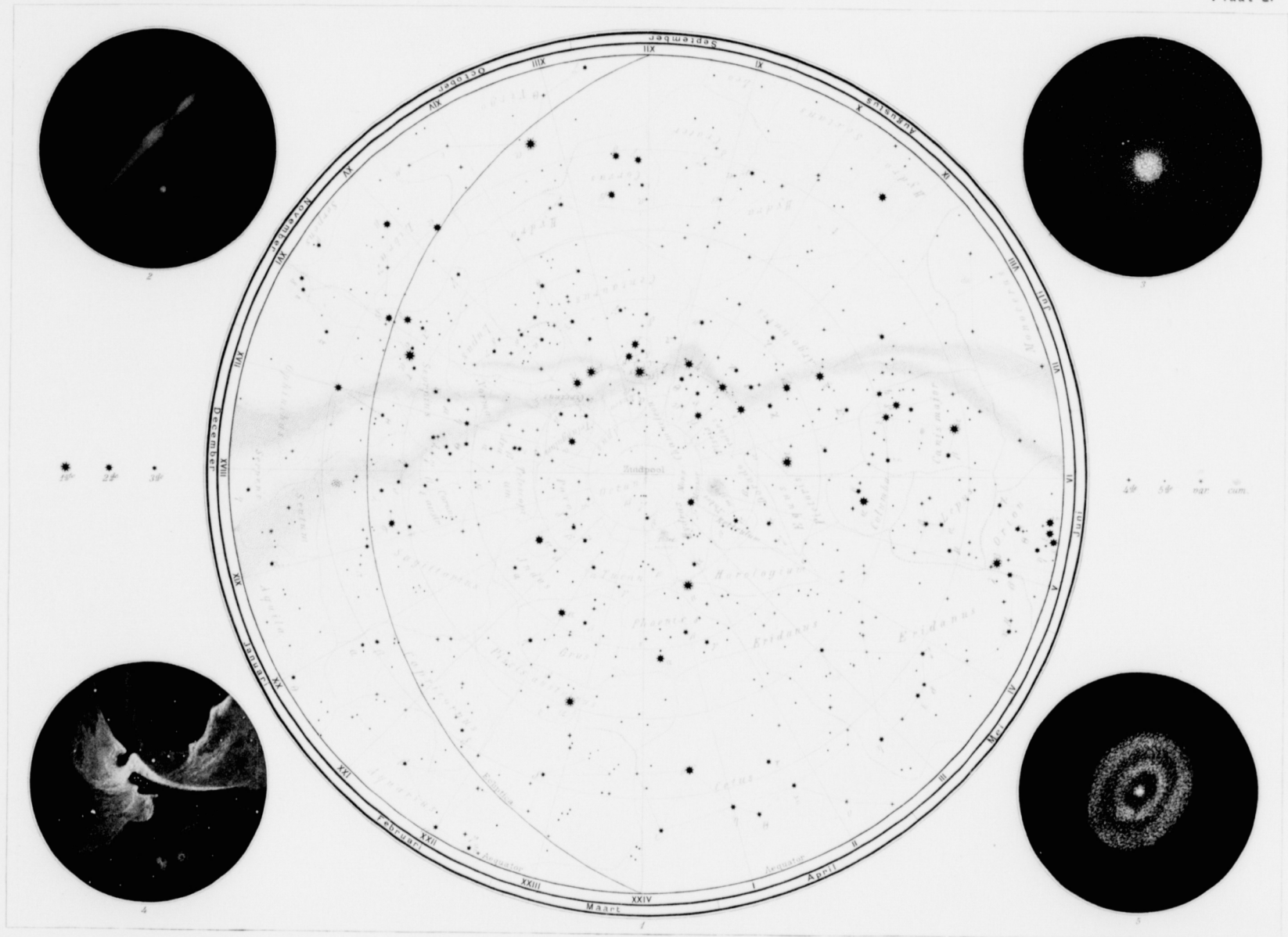
INHOUD.

	Bladz.		Bladz.
Inleiding	5	2. Het zonnestelsel	22
1. De bolvormige sterrenkunde. Plaat (1, 2, 3.)	5	a) De zon	22
1. De verdeeling van den hemelbol	5	b) De planeten	22
2. De vaste sterren	6	c) De wachters of manen	27
a) Verdeeling in sterrenbeelden; hunne benaming en de namen van eenige hoofdsternen	6	d) De kometen	29
b) Verdeeling in klassen naar de grootte; aantal der vaste sterren in iedere klasse, sterrenlijsten, sterrenkaarten	7	e) De vallende sterren, meteoren en vuurkogels	55
c) De veranderingen aan den Sterrenhemel, tweeweggebracht door de Praecessie, Nutatie en Aberratie	8		
d) Veranderlijke sterren	11	III. De natuurkundige sterrenkunde	55
e) Nieuw verschenen sterren	12	IV. De praktische sterrenkunde. Plaat (8, 9, 10.)	37
f) De Melkweg	15	a) De werktuigen der oudheid	37
g) Sterrenhoopen en nevelvlakken	15	b) Uitvindingen betreffende de verbetering van werktuigen, uurwerken	37
h) De dubbelsterren	16	c) Passage-instrument, meridiaancirkel, en werktuigen voor het bepalen van azimuthen en het meten van hoogten	58
i) De eigenbeweging van vaste sterren	18	d) Telescopen, refractoren, nequatorialen	40
k) Over de afstanden der vaste sterren	19	e) Heliometer. Andere toestellen en werktuigen, welke op sterrenwachten worden gebruikt	41
l) De middellijnen en de natuurkundige gesteldheid der vaste sterren	20	f) Sterrenwachten	42
II. De theoretische sterrenkunde. Plaat (4, 5, 6, 7, 11, 12)	20	V. Korte verklaring van Plaat XIII	45
1. Inleiding. Verklaringen	20		

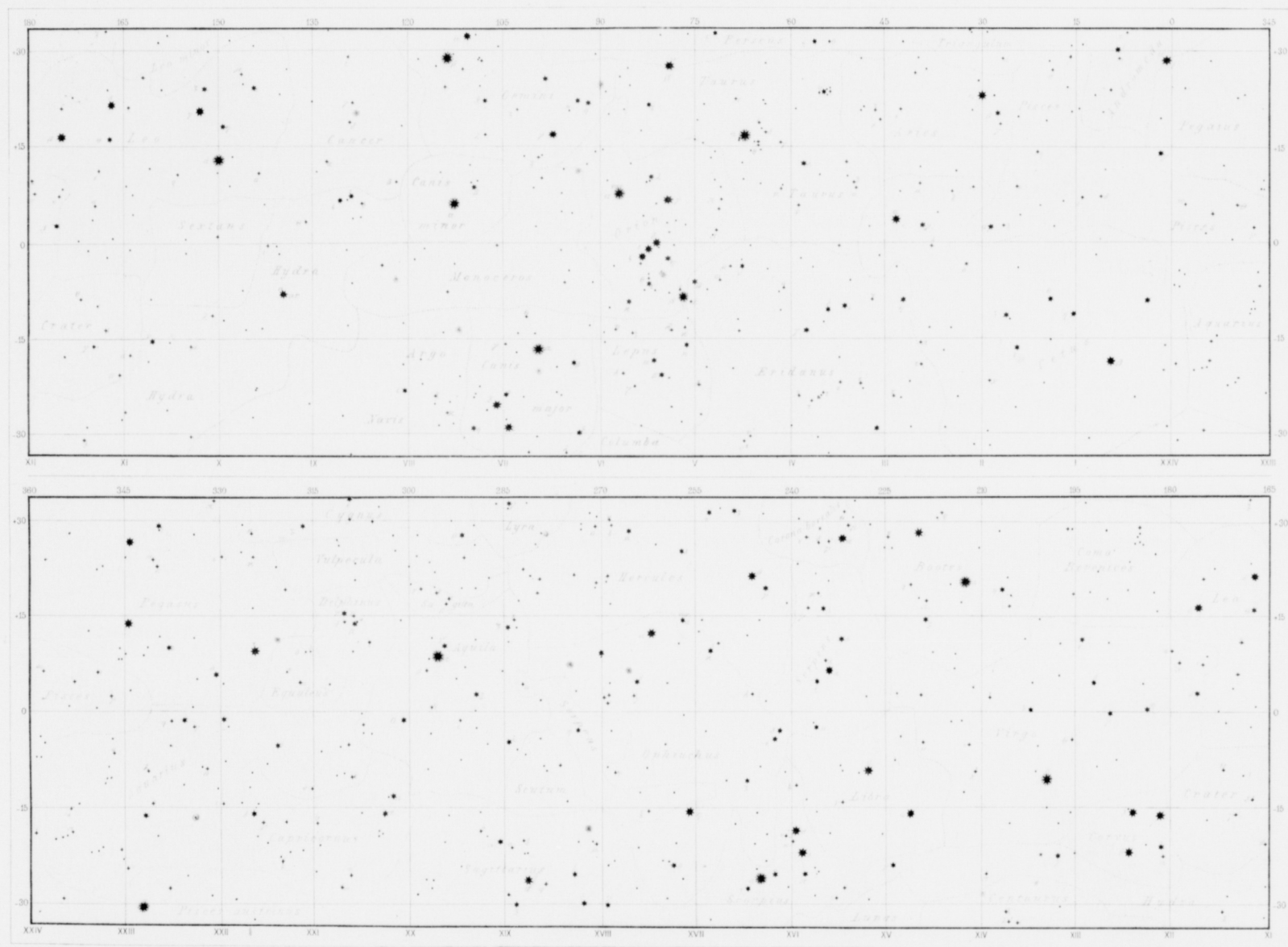




1. Sterrenkaart van den noordelijken hemel. 2. Pleiaden (in den kometz-zoeker). 3. Sterrenhoop in Hercules (in een grooten kijker). 4. Spiralvormige nevelvlak in de Jachthonden. 5. Ringvormige nevelvlak in de Lier.

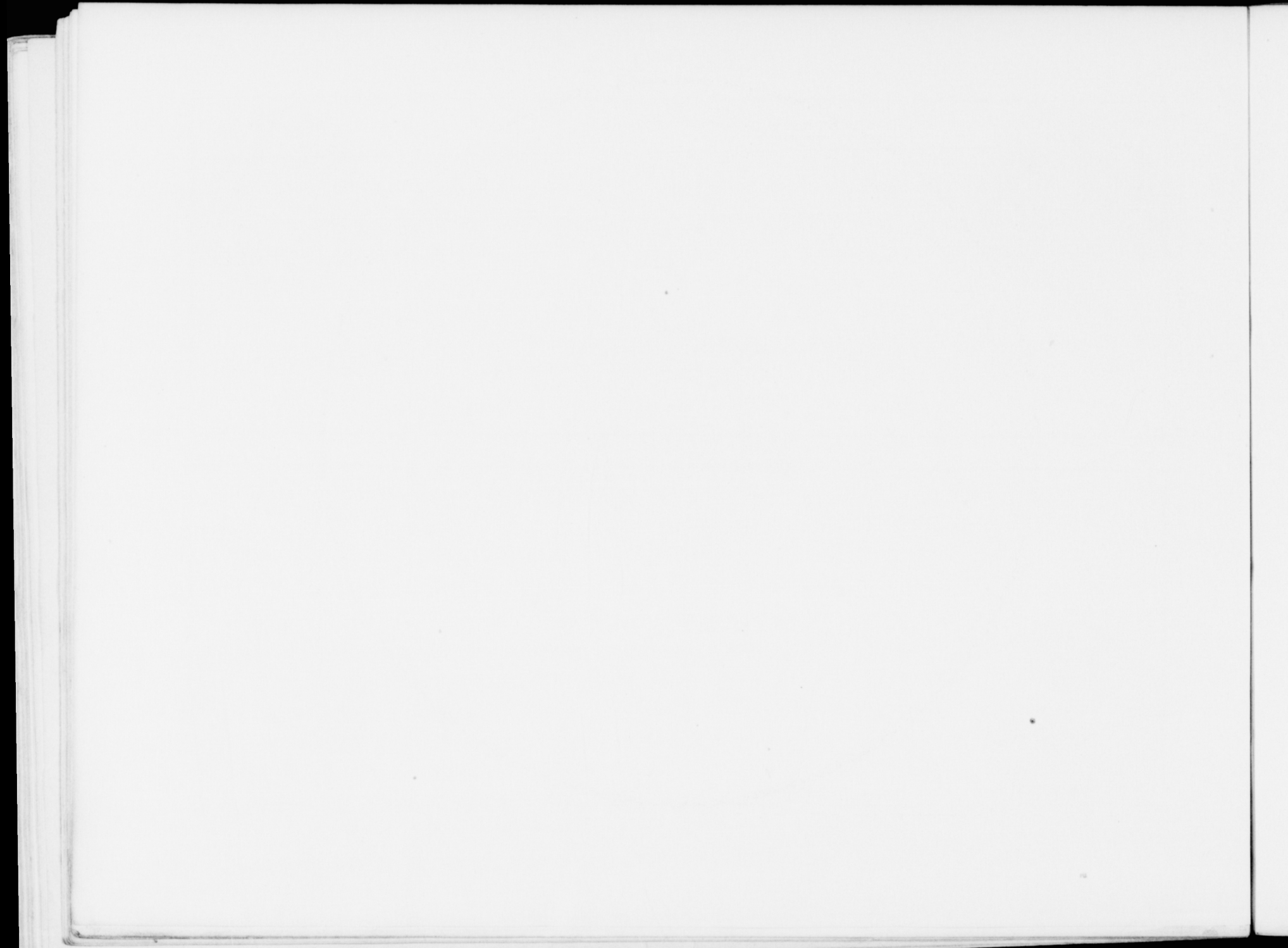


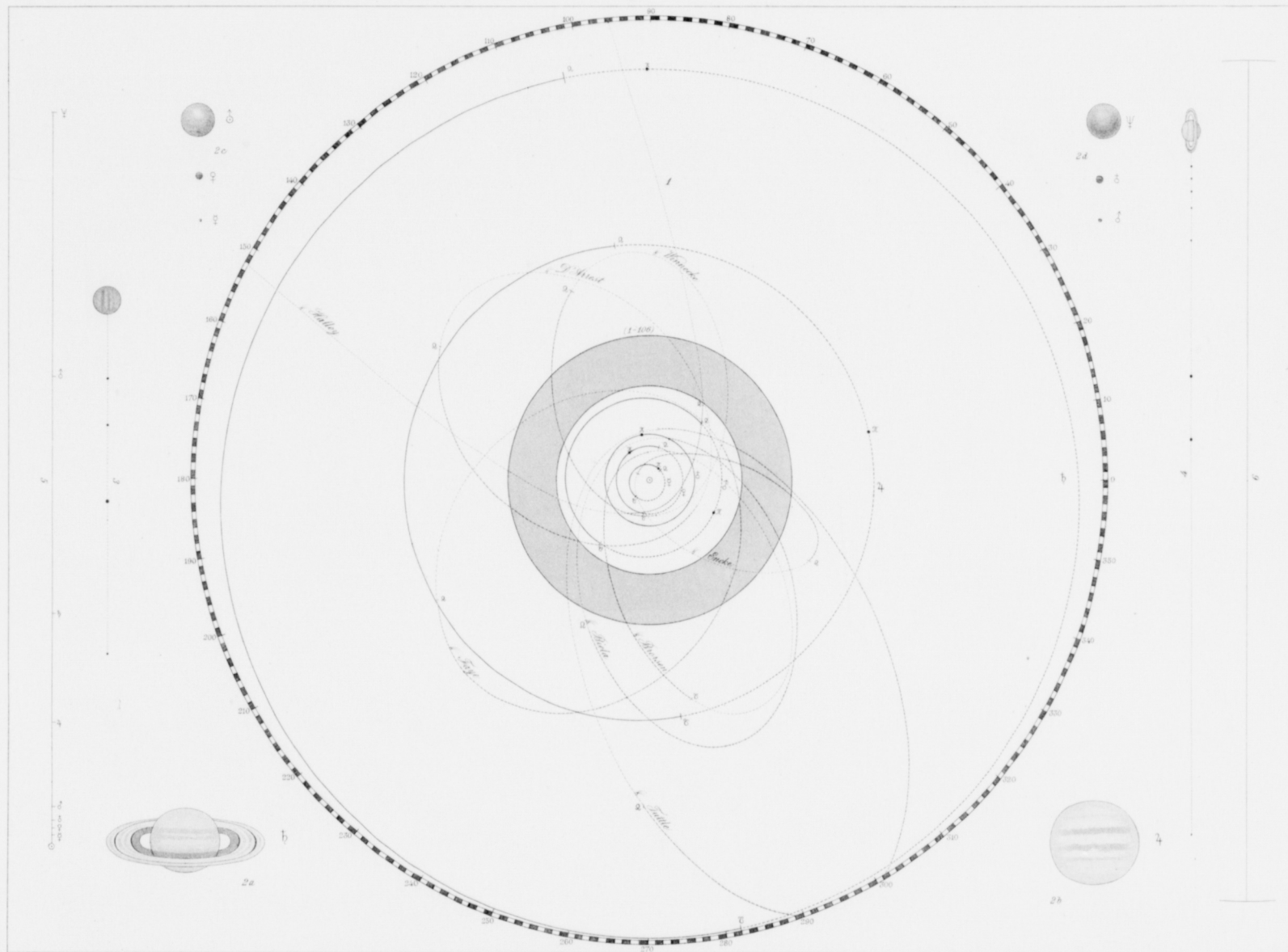
1. Sterrenkaart van den zuidelijken hemel. 2. Nevelvlak in Eridanus (in den kijker). 3. Sterrenhoop in Toucan. 4. Nevelvlak in Orion. 5. Nevelvlak in de Slang.



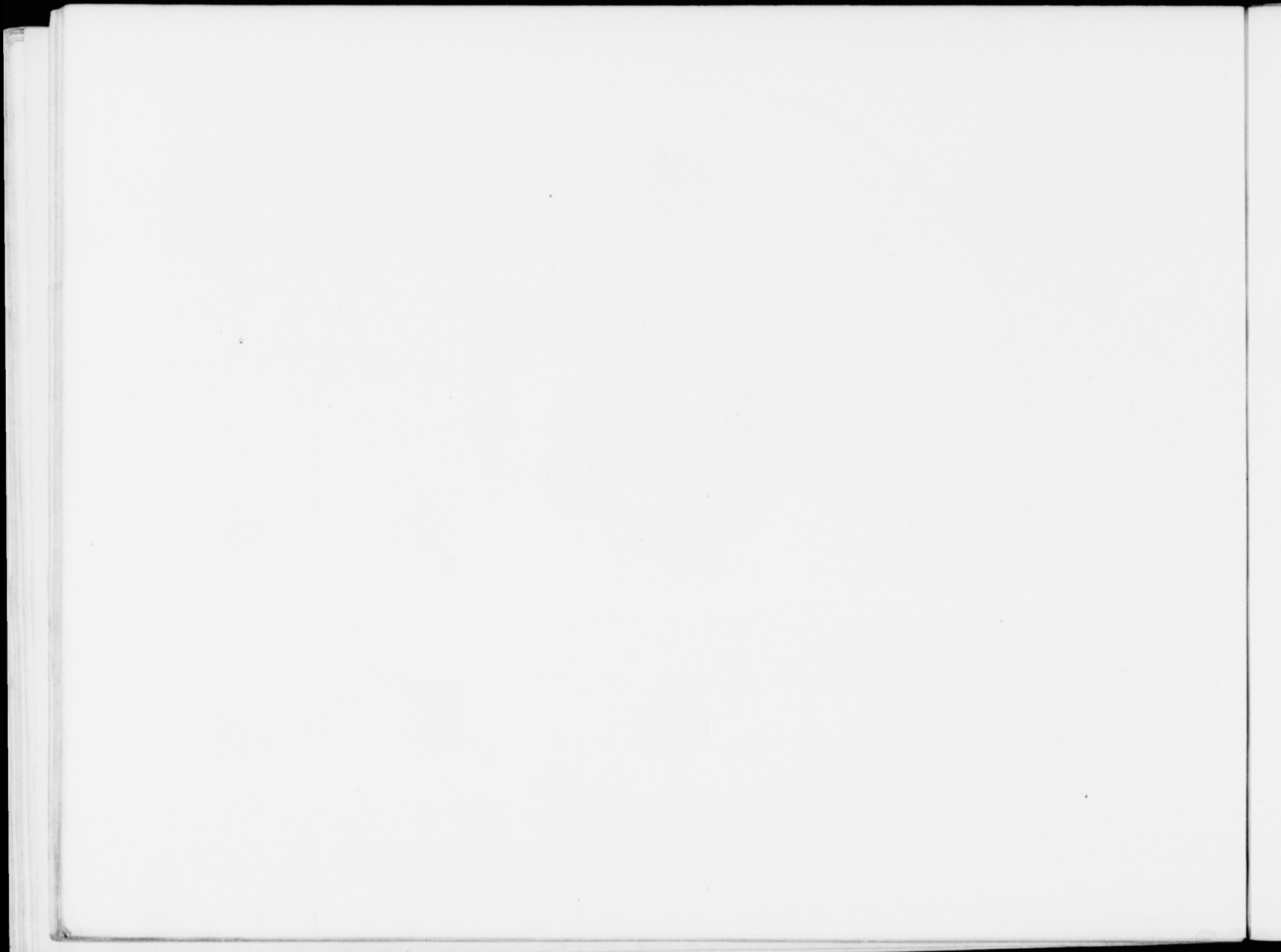
Sterrenkaart van den aequatorialen gordel van 30 graden zuidelijke tot 30 graden noordelijke declinatie.

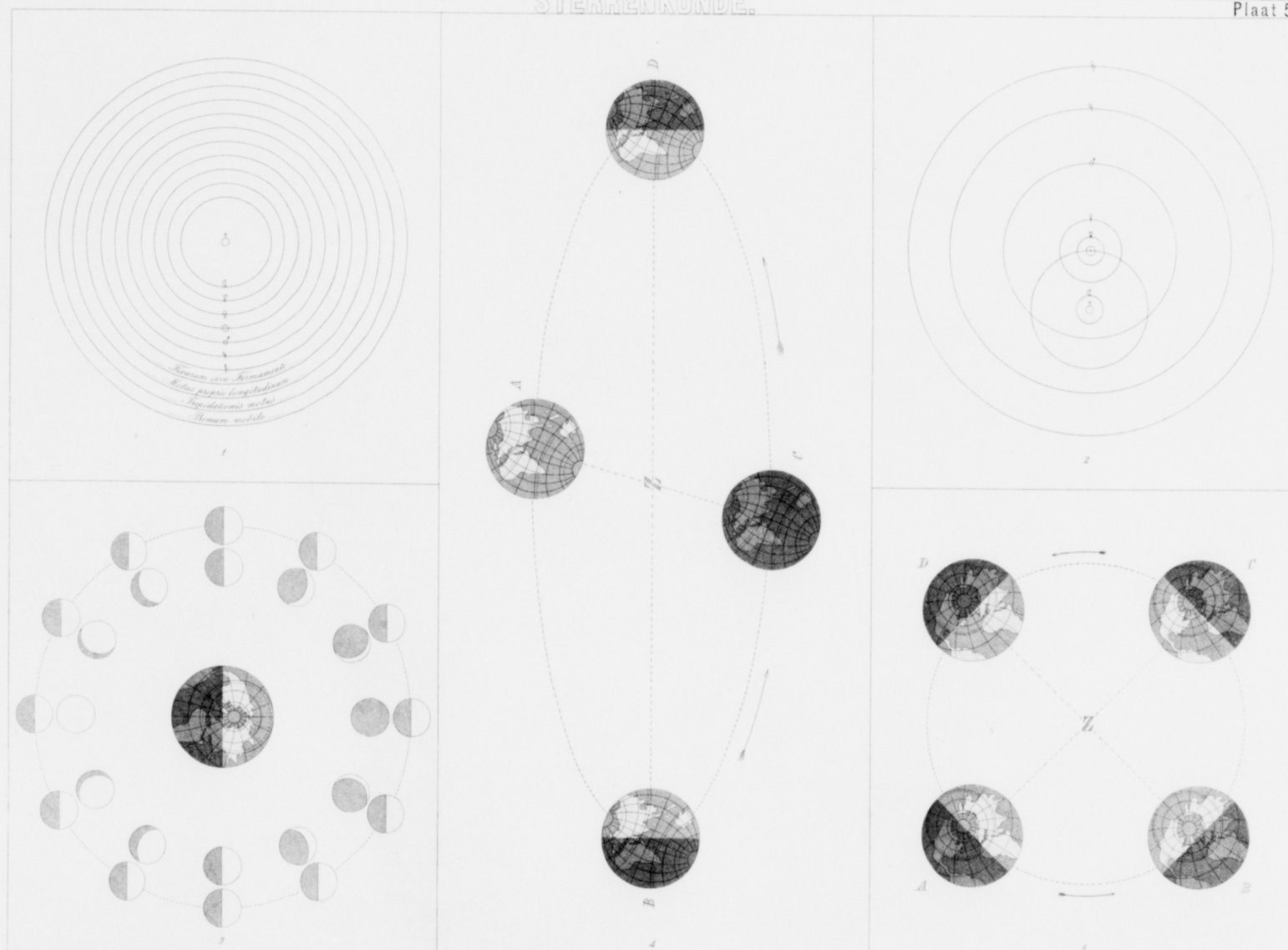






1. Zonnestelsel volgens Copernikus ($\frac{1}{13,909,900,000,000}$). 2. Verhouding tusschen de grootten der planeten Mercurius ($\odot$), Venus ($\ominus$), de Aarde ($\oplus$), Mars ($\circ$), Jupiter (♃), Saturnus (♄), Uranus (♅), Neptunus (♆) ($\frac{1}{7,500,000,000}$). 3. Jupiter en zijne vier wachters. 4. Saturnus met acht wachters, met inschtneming van de juiste verhouding der afstanden ($\frac{1}{20,000,000,000}$). 5. Gemiddelde afstand der planeten tot de Zon ($\frac{1}{28,900,000,000,000}$). 6. Middellijn van de Zon $\frac{1}{7,500,000,000}$.



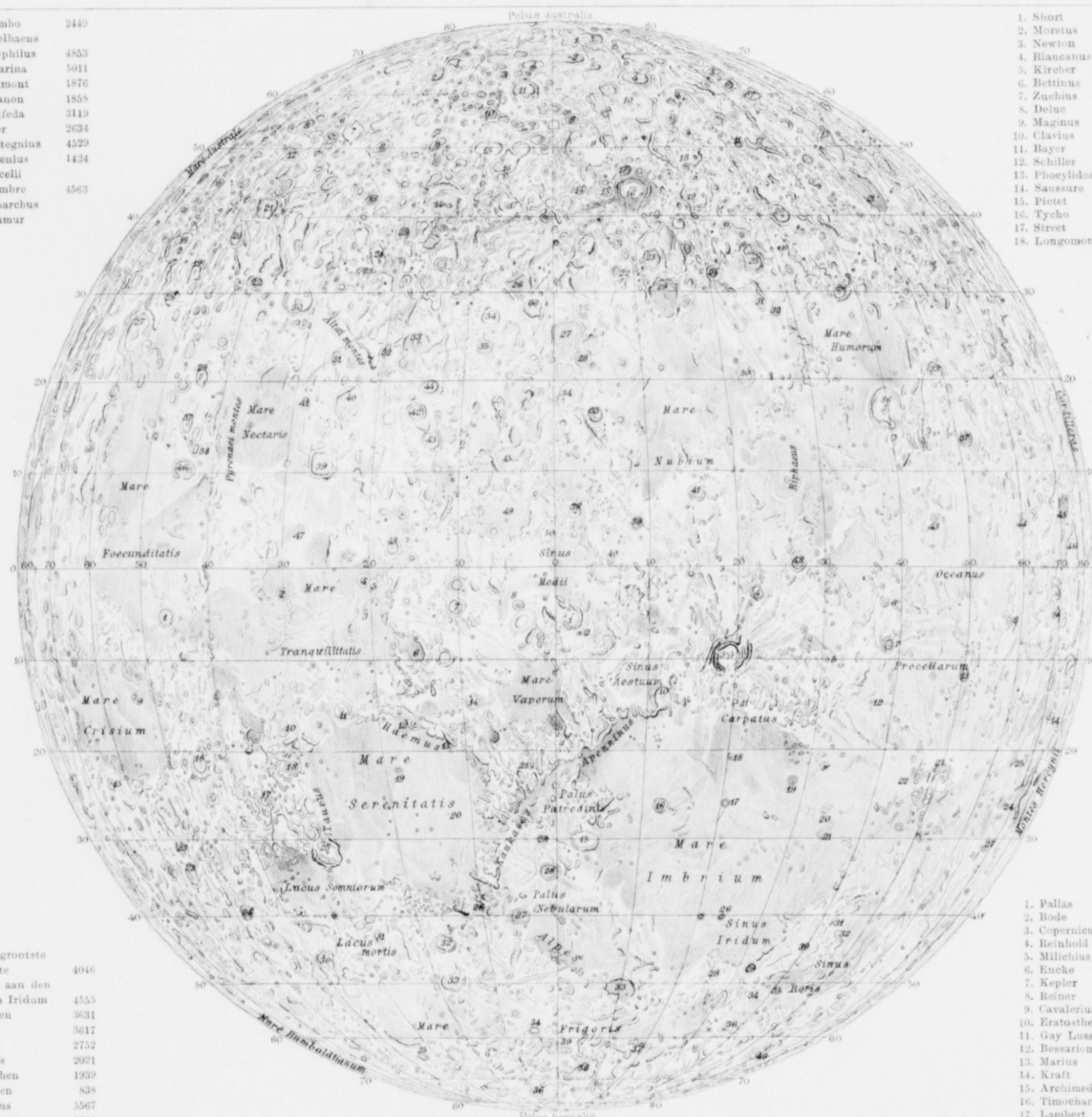


1. Wereldstelsel volgens Ptolemaeus. 2. Wereldstelsel volgens Tycho Brahe. 3. Loop van de maan om de aarde, met de schijngestalten der maan. 4. Loop van de aarde om de zon, benevens de jaargetijden. 5. Loop van de aarde om de zon (het oog loodrecht op het vlak van de Ecliptica).



1. Manzinus	3246	37. Colombo	2449
2. Murus	3742	38. Magellanus	
3. Pentland		39. Theophilus	4853
4. Curtius	6789	40. Catharina	5011
5. Biola		41. Beaumont	1876
6. Rosenberger		42. Almanon	1885
7. Vlaey	3171	43. Abulfeda	3149
8. Fitticus	3073	44. Gæher	2634
9. Baco	3773	45. Albategnius	4529
10. Jacobi	3147	46. Goclenius	1424
11. Zach	3708	47. Torricelli	
12. Steinhilf	3587	48. Dolambre	4563
13. Nicola	1908	49. Hipparchus	
14. Maurolycus	4325	50. Réaumur	
15. Cuvier	3663		
16. Liectus	4146		
17. Stüder	3556		
18. Fuvinius	3281		
19. Steiner	3503		
20. Rheticus	4373		
21. Motius	4020		
22. Neander	2429		
23. Lindensau	3617		
24. Rabbi Levi			
25. Büsching	1370		
26. Aliaensis	4425		
27. Petavius	3299		
28. Snellius	2079		
29. Fracastor	2595		
30. Piccolomini	4734		
31. Polybius	2364		
32. Ptolet			
33. Sacrobosco	3669		
34. Apianus	2854		
35. Playfair	3667		
36. Werner	4761		

1. Taurus	1062	
2. Maacklyne	1446	
3. Arago	1630	
4. Sabine	807	
5. Ritter	1208	
6. Julius Caesar	1651	
7. Agrippa	2050	
8. Triennecker	1652	
9. Picard	1618	
10. Vitruvius	1373	
11. Plinius	1917	
12. Menelaus	2001	
13. Sulpicius Gallus		
14. Manlius	2346	
15. Eimmar	3146	
16. Macrobius	4651	
17. Römer	3528	
18. Littrow		
19. Bessel	1172	
20. Linné		
21. Conon		
22. Geminus	3761	
23. Burckhardt	4441	
24. Franklin	2415	Altaï grootste
25. Posidonius	1735	hoogte
26. Callippus	2349	Bergen aan den
27. Cassini	1531	Sinus Iridium
28. Autolyus	2746	Pyreneen
29. Aristillus	3398	Alpen
30. Hercules	3316	Taurus
31. Darg	2069	Haemus
32. Eudoxus	4471	Karpathen
33. Aristoteles	3258	Rhiphaeen
34. Archytas	1203	Caucasus
35. Democritus	1721	Amienxuen
36. Scoresby	2294	

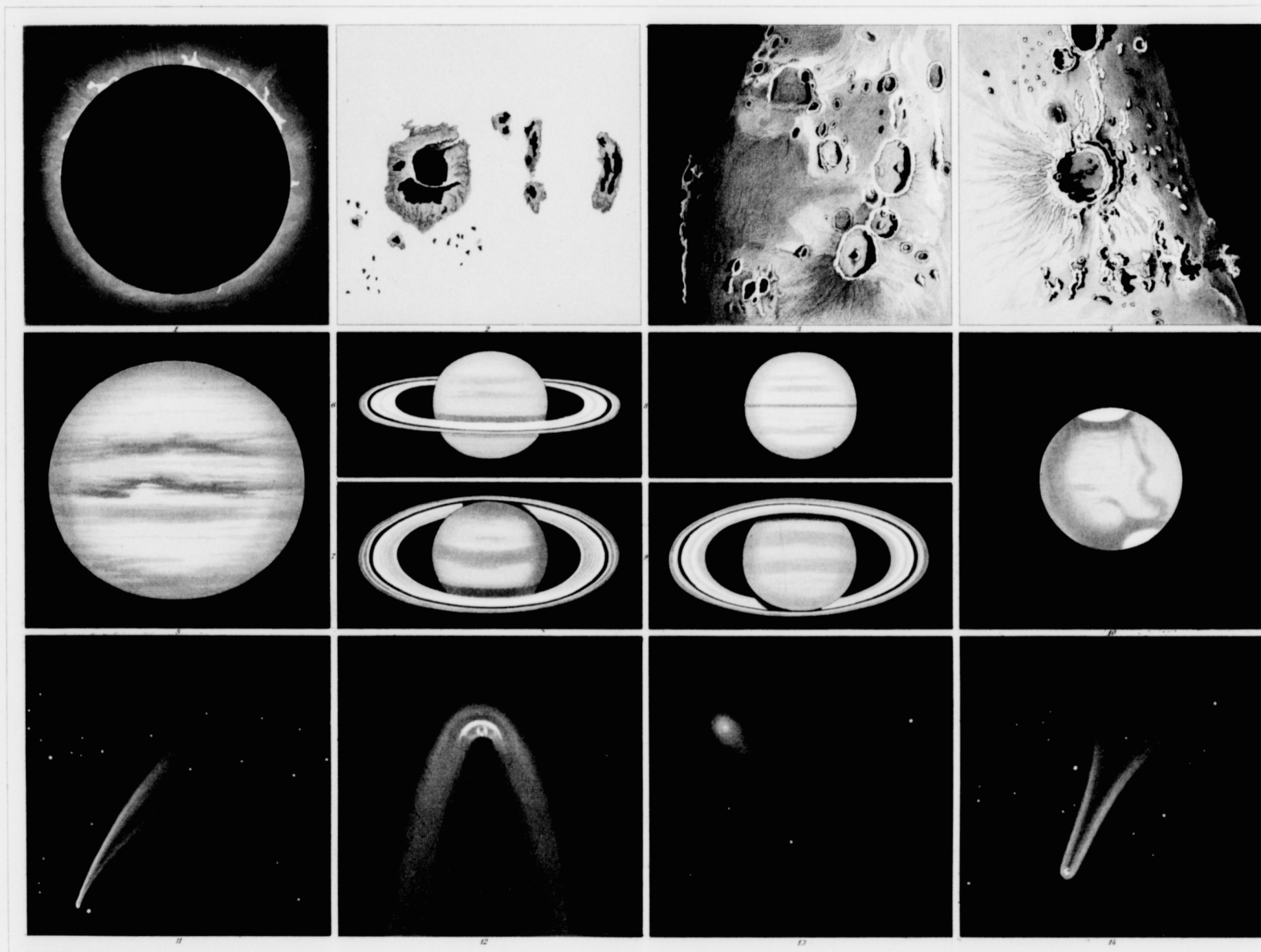


1. Short	5695	19. Wilhelm I.	3374
2. Moretus	4849	20. Hainzel	3534
3. Newton	7264	21. Schieckard	2519
4. Banaeus	5487	22. Hell	1635
5. Kircher	3379	23. Gauricus	2836
6. Bethinus	5303	24. Chelius	2579
7. Zachius	5333	25. Capanus	2696
8. Deici	4897	26. Vitello	(1300)
9. Magnus	4397	27. Purbach	2456
10. Clavius	5130	28. Thebit	2560
11. Bayer	2460	29. Pliatus	
12. Schiller	3850	30. Bulliald	2732
13. Phylides	2650	31. Mercator	1416
14. Sausseur	5121	32. Campanus	1939
15. Picet	5412	33. Mercanus	2563
17. Street	4330	34. Arzache	434
18. Longomontanus	1362		

1. Pallas	1862	26. Helicon	
2. Bode		27. Lichtenberg	
3. Copernicus	3438	28. Maupertius	
4. Reinhold	2865	29. Bianchini	2576
5. Millicus		30. Sharp	2257
6. Euseb	551	31. Mairan	2442
7. Kepler	3934	32. Louville	
8. Reiner	3624	33. Plato	2212
9. Cavalieri	2950	34. Bouguer	
10. Eratosthenes	4768	35. Harpalus	4832
11. Gay Lussac		36. Torricelli	
12. Bressani		37. Fontenelle	2662
13. Marius	1387	38. Epigenes	
14. Kraft		39. Timaeus	
15. Archimedes	1651	40. Ptolemaeus	
16. Timocharis	2294	41. Pthiagoras	
17. Lambert	1312		

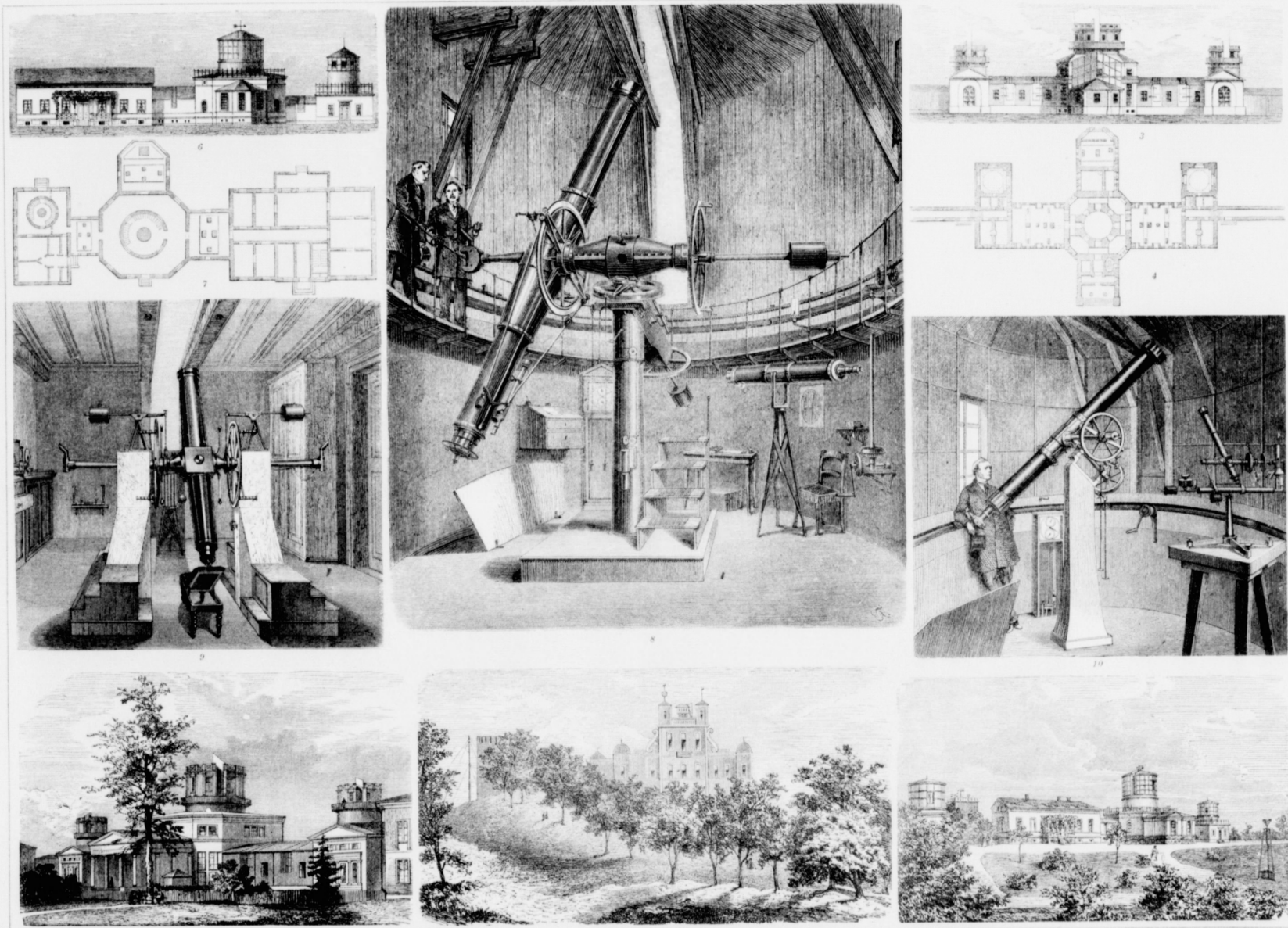
Kaart van de maan.



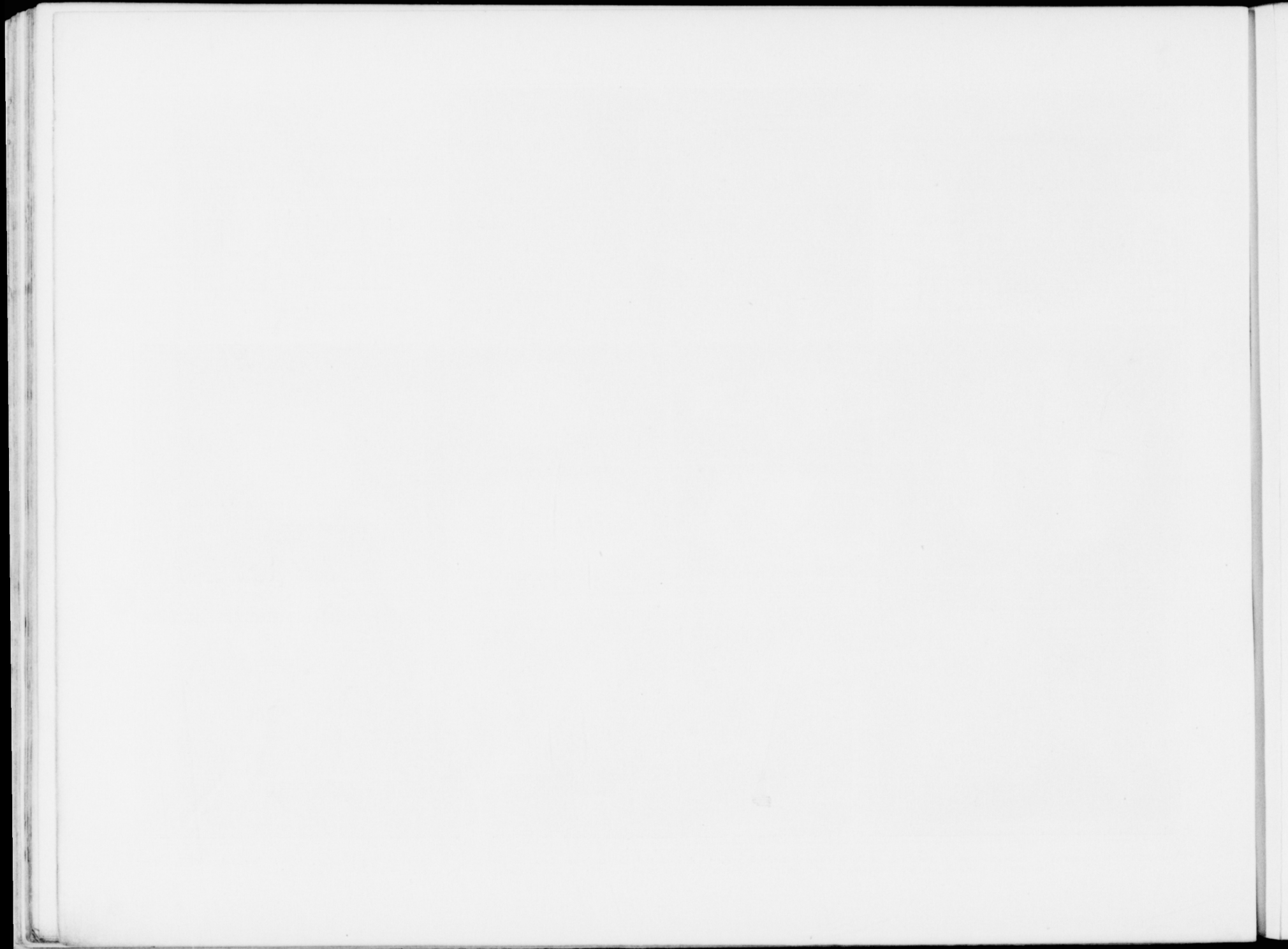


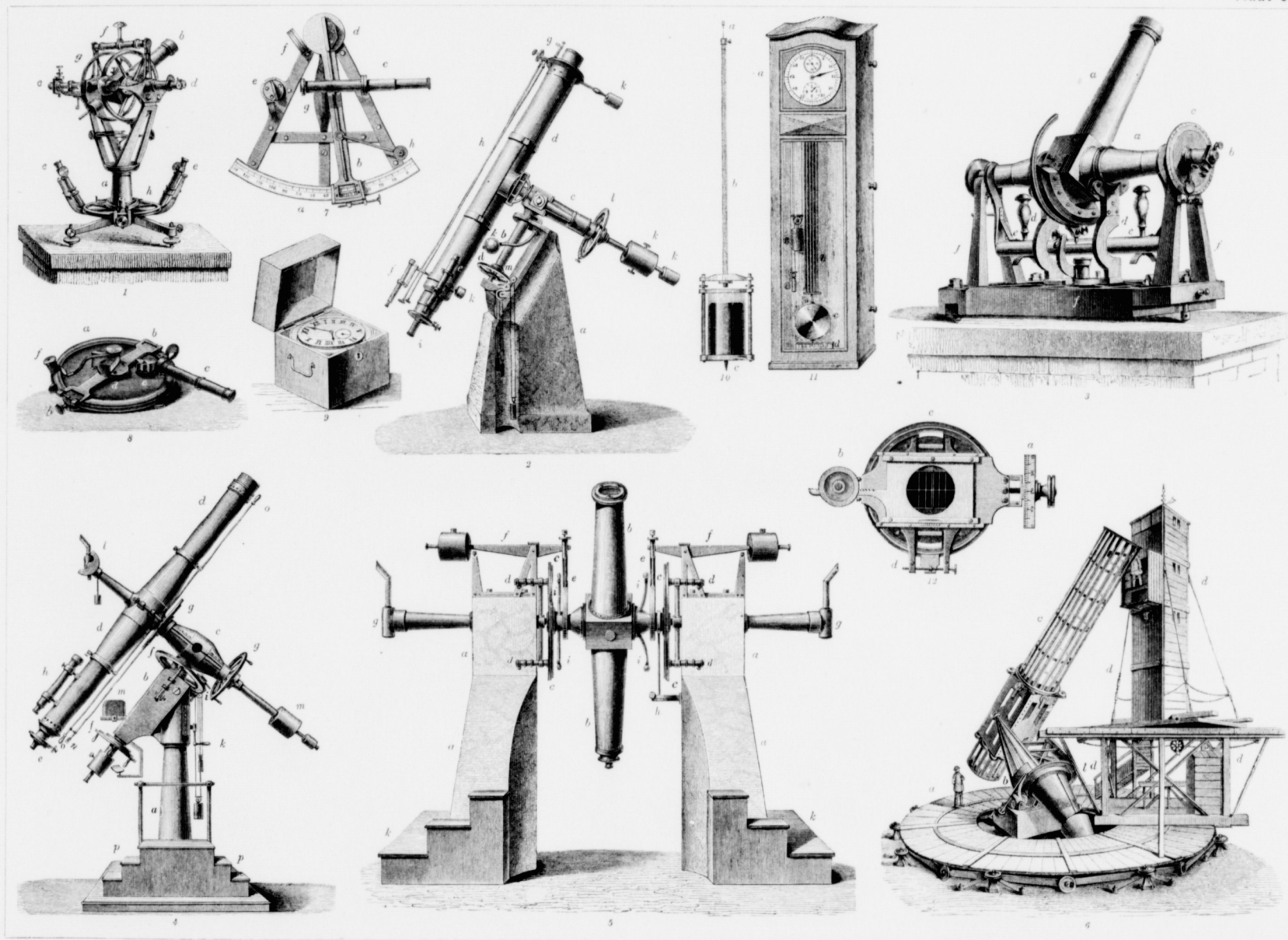
1. Totale zonsverduistering, 18 Juli 1860. 2. Zonnevlekken, 17 Sept. 1867. 3. Landschap op de maan: Mare nectaris, Theophilus, Pyrenaeen. 4. Landschap op de maan: Copernikus. 5. Jupiter, 15 Aug. 1867. 6. Saturnus, 10 Oct. 1850. 7. Saturnus, 27 Nov. 1855. 8. Saturnus, 25 Jan. 1849. 9. Saturnus, 8 Mei 1868. 10. Mars, 25 April 1856. 11. Komeet van Donati, 5 Oct. 1858, met ongewapend oog. 12. Komeet van Donati, 2 Oct. 1858, in den kijker. 13. Komeet van Halley, 28 Oct. 1835, met ongewapend oog. 14. Grootte komeet, 10 Sept. 1811, met ongewapend oog.





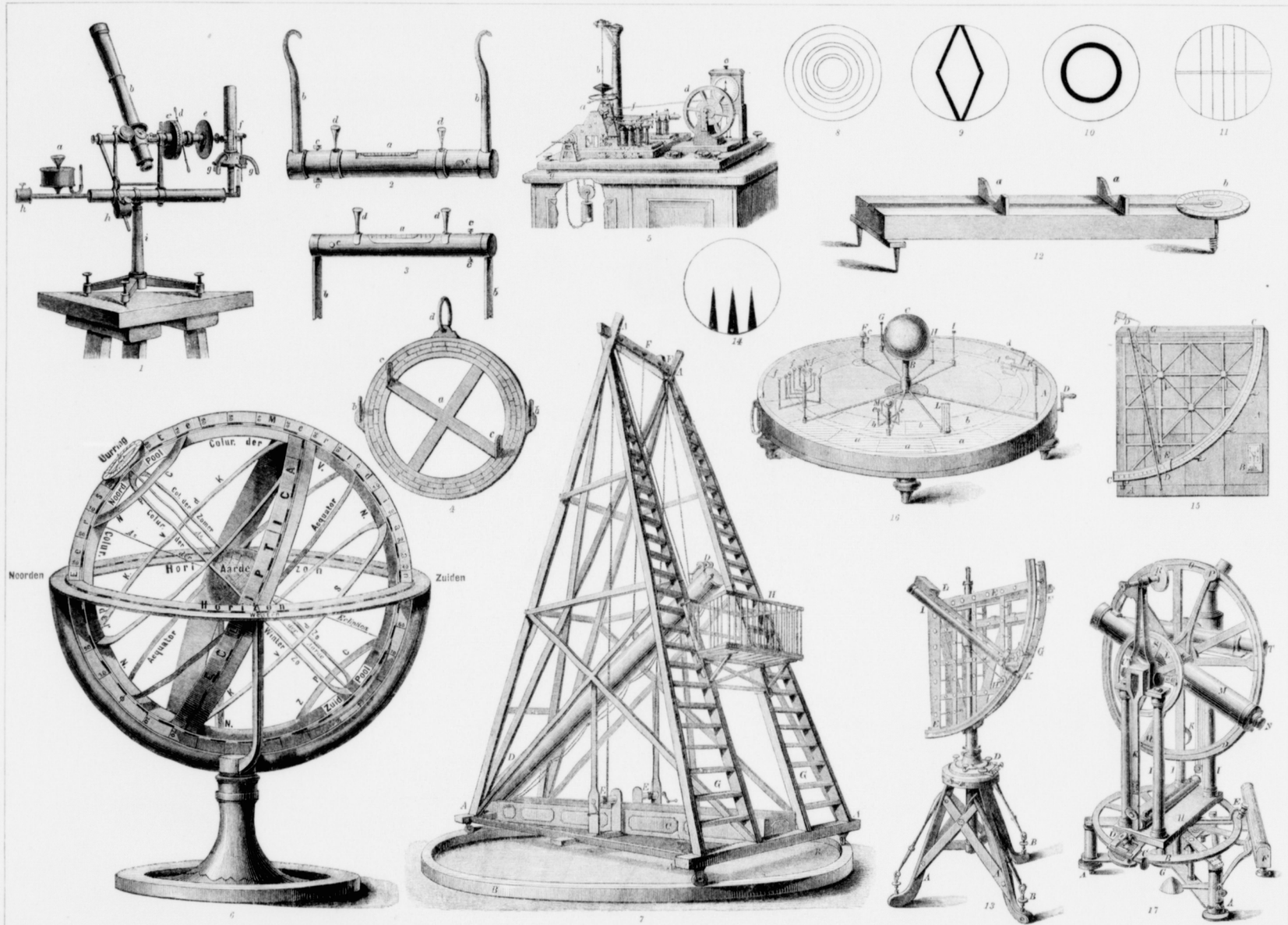
1. Sterrenwacht te Greenwich. 2. Sterrenwacht te Pulkowa; 3. dezelfde van de zuidzijde gezien; 4. horizontale doorsnede van deze sterrenwacht; 5. Sterrenwacht te Leipzig; 6. dezelfde van de zuidzijde gezien; 7. horizontale doorsnede van deze sterrenwacht; 8. inwendig voorkomen van haren grooten koepel; 9. hare meridiaanzaal; 10. hare kleine koepel van binnen gezien.





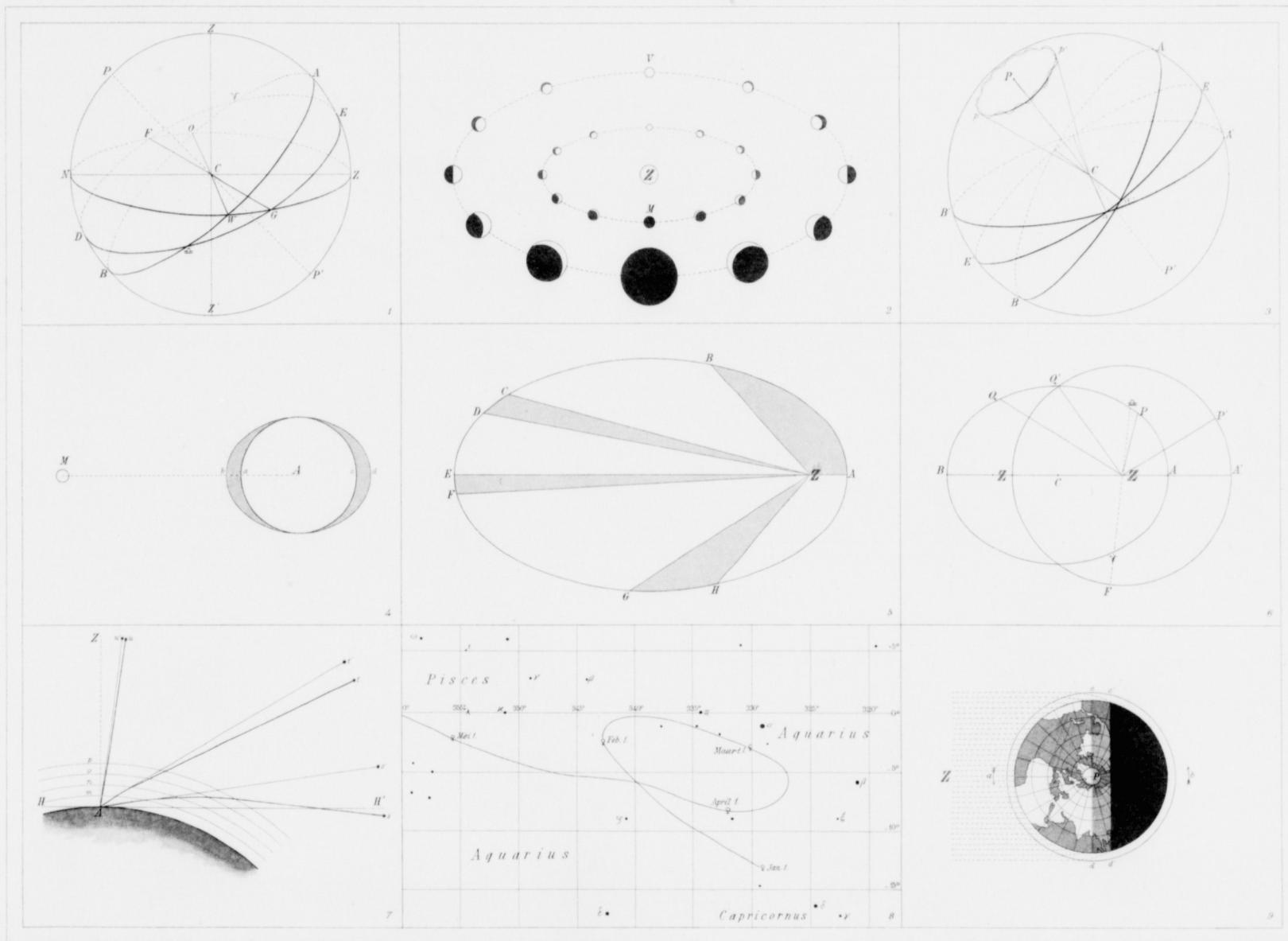
1. Universaal-instrument. 2. Heliometer. 3. Passage-instrument. 4. Aequatoriaal. 5. Meridiaan-cirkel. 6. Spiegel-telescoop van Lassell. 7. Spiegel-sextant. 8. Reflexie-cirkel. 9. Doos-chronometer. 10. Compensatie-slinger met kwik. 11. Sterrenkundig slingeruurwerk. 12. Draden-micrometer.





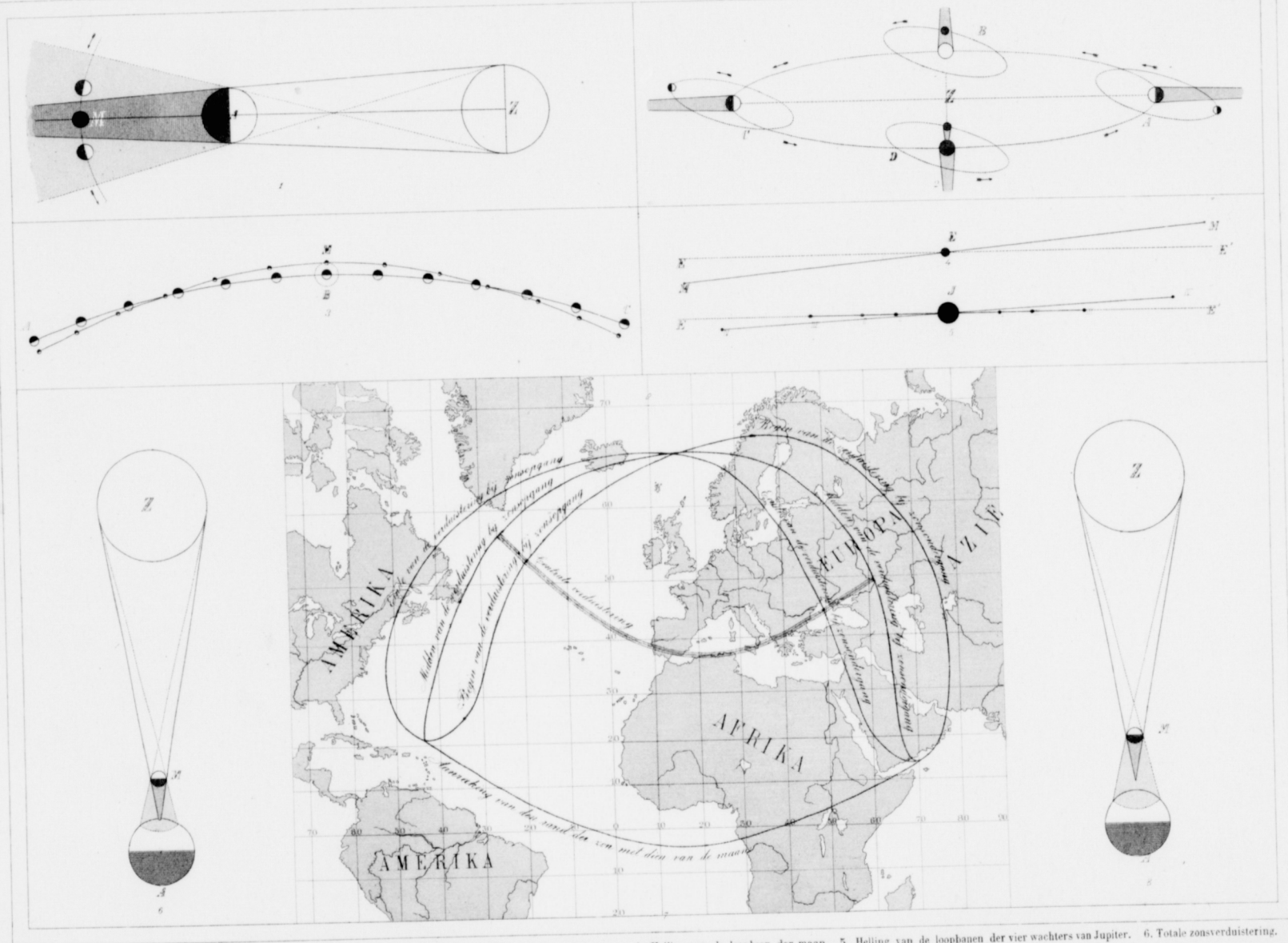
1. Photometer. 2. Hang-niveau. 3. Staand-niveau. 4. Astrolabium. 5. Chronograaf. 6. Sphaera armillaris. 7. Spiegel-telescoop van Herschel. 8. Ring-micrometer van glas. 9. Ruit-micrometer. 10. Ring-micrometer van staal. 11. Draden-micrometer. 12. Toestel tot het onderzoeken van niveau's. 13. Quadrant. 14. Punt-micrometer. 15. Muur-quadrant. 16. Planetarium. 17. Cirkel naar Troughton.





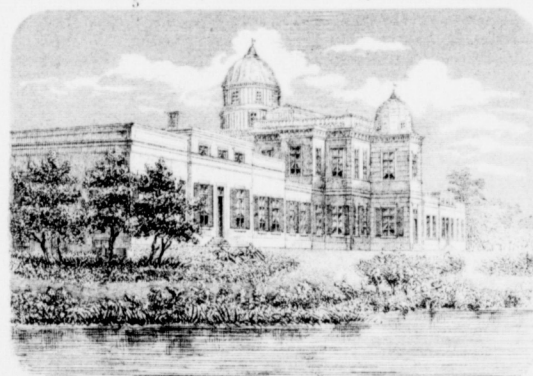
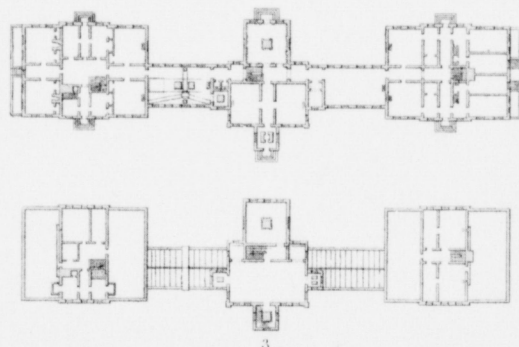
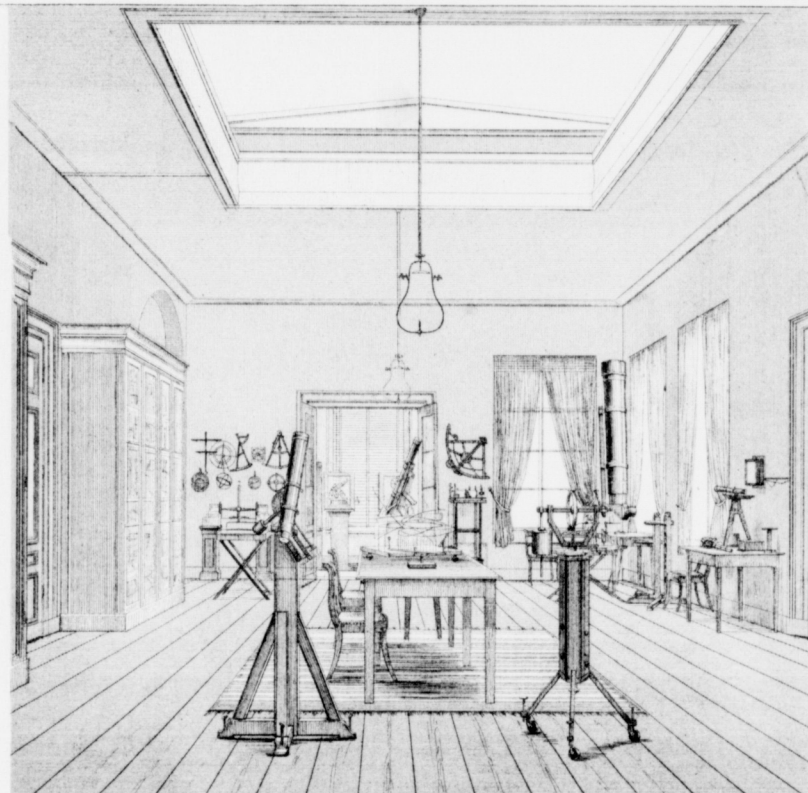
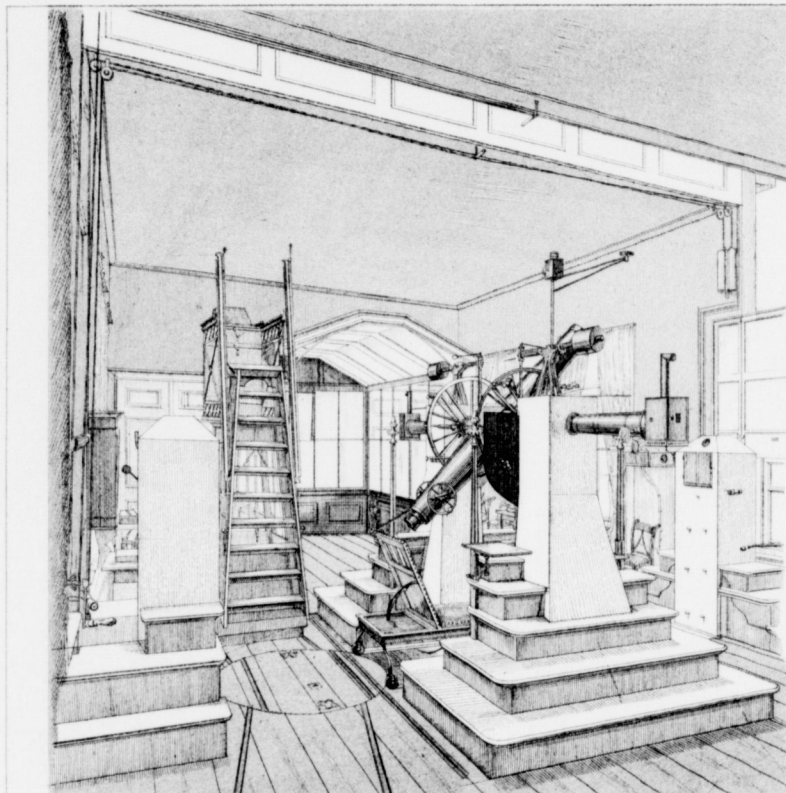
1. Hoofdvlakken: horizon, aequator, ecliptica. 2. Schijnbare grootten en schijngestalten van Mercurius en Venus. 3. Praecessie en nutatie. 4. Eb en vloed. 5. Tweede wet van Kepler. 6. Middellare en ware anomalie. 7. Straalbreking. 8. Schijnbare loop van Venus van 1 Jan. tot 1 Mei 1870. 9. Daglicht en schemering.





1. Maansverduistering. 2. Loopbaan der maan ter verklaring van de verduistering. 3. Ware loopbaan der maan. 4. Helling van de loopbaan der maan. 5. Helling van de loopbaanen der vier wachters van Jupiter. 6. Totale zonsverduistering. 7. Verloop der zonsverduistering op den 22 Dec. 1870. 8. Ringvormige zonsverduistering.





1. Sterrenwacht te Utrecht. 2. Sterrenwacht te Leiden. 3. Platte grond van de Sterrenwacht te Leiden; 4. hare meridiaanzaal 5. hare waarnemingszaal voor draagbare werktuigen, met aangrenzende kleine meridiaanzalen.

2091.



