GRUNDTRÆK

AF

ASTRONOMIEN

VED

C. RAMUS. eks. 1

UDGIVET

AF

ADOLPH STEEN.

KJØBENHAVN.

Forlagt af C. A. Reitzels Bo og Arvinger.

Trykt hos J. H. Schultz.

1857.

Fortale.

Da den astronomiske Professor ved Universitetet, Olufsen, i Sommeren 1841 foretog en Udenlandsreise, skete der ved Underviisningen til den saakaldte anden Examen den Forandring, at den nævnte Professor foredrog Mathematik i det forudgaaende Vinterhalvaar istedetfor den mathematiske Professor Ramus, som derimod læste over Astronomie i Sommerhalvaaret. Det var første Gang, at der i mange Aar var holdt et exact Foredrag over Astronomiens Grundtræk, og der er heller ikke siden holdt noget. Da Ramus's Foredrag tilfredsstillede ikke blot Tilhørerne, men ogsaa Enhver, der lærte det at kjende igjennem de nedskrevne Hefter, saa blev det Ønske snart udtalt af Flere, at det maatte udkomme i Trykken og saaledes blive bekjendt i en videre Kreds. Det er ogsaa Flere med mig bekjendt, at Ramus ikke var utilbøielig til dets Offentliggjørelse, men ønskede at underkaste det en omhyggeligere Bearbeidelse, og der er ingen Tvivl om, at han derved vilde have forøget sin allerede meget rige Række af Arbeider med et fortrinligt Værk; hans uventet hurtige Død paaførte os ogsaa i denne Henseende et Tab. Vor astronomiske Litteratur er imidlertid ikke saa riig, at der er Grund til ikke at fyldestgjøre det ogsaa efter hans Død yttrede Ønske om, at dog idetmindste de af ham ved Foredraget dicterede Paragrapher bleve udgivne, og da derved ikke kan antages at blive handlet imod den Afdødes Ønske, har jeg ikke taget i Betænkning at paatage mig det dermed forbundne Arbeide. Jeg har derved ingenlunde overseet, hvilke Vanskeligheder der ere forbundne med Udgivelsen af en Andens Skrift, tilmed for En, som ikke forhen har forsøgt sig i denne Retning og mangler en Deel af de dertil hørende Egenskaber, og i et Fag, hvoraf man ikke har gjort særeget Studium; imidlertid vare de foreliggende Omstændigheder ingenlunde saa ugunstige, at jeg troede at burde vige tilbage derfor, om med Rette eller Urette maa Udfaldet vise.

Paa ganske enkelte Punkter var det af Forfatteren efterladte Manuskript utydeligt eller indeholdt blot korte Antydninger, men heldigviis har Hr. Docent H. A. Pedersen hørt Foredraget 1841 og har overladt mig til Afbenyttelse de efter Dictat nedskrevne Paragrapher, der ganske slutte sig til Manuskriptet med lidt videre Udførelse af enkelte Punkter. Med Hensyn til Orthographien har jeg i Tvivlstilfælde kunnet tye til Forfatterens andre Værker, som ere mig temmelig vel bekjendte. Det har været nødvendigt saavel at tilføie og forandre Adskilligt, som skyldes de senere Aars Arbeider og Opdagelser, som ogsaa videre at udføre Enkeltheder, der kun ere antydede ved Foredraget. Jeg har derved holdt mig saa nær som mulig til de bedste nyere Forfattere og fremfor alle til Arago, og jeg har deri søgt Sikkerhed for, at det Tilføiede bliver ligesaa brugbart, som det Oprindelige. Imidlertid har jeg gjort Læseren det muligt ved en Parenthes [] at skjelne det af mig Indførte og Ændrede fra hvad der skyldes Forfatteren. Ganske enkelte Steder har jeg rigtignok ogsaa tilladt mig under samme Betegnelse af pædagogiske Hensyn at tilføie en enkelt Bemærkning eller en videre Udførelse, hvormed jeg har troet at lette Bogens Anvendelse i Skoler. Stederne, hvor de Tilføininger, der ere foranledigede af den nyere Tids Opdagelser, skulde skee, ere næsten alle angivne af Forfatteren, idet han har tilsat korte Antydninger derom, efterhaanden som de ere skete, en Omstændighed, der ogsaa tyder paa, at han tilsigtede en Udgivelse. Naar jeg nu til Slutningen tilføier, at jeg stadig har raadført mig med Hr. Docent Pedersen, der med stor Beredvillighed har meddeelt mig sine Bemærkninger, saa vil det sees, at Forholdene ingenlunde have været ugunstige for Arbeidets Udførelse. Destoværre have dog mange og forskjelligartede Forretninger af og til afbrudt og forsinket mit Arbeide, saa at det er blevet meget senere færdigt og, jeg frygter, mindre vel udført, end det maaskee under andre Omstændigheder kunde været blevet.

I Overeensstemmelse med den Fremgangsmaade, Forfatteren har fulgt ved sine øvrige elementære Arbeider, aftrykkes nogle Rettelser til hans „Algebra“ og „Trigonometrie“, hvilke skyldes deels ham selv deels Hr. Docent Pedersen. Ogsaa disse sidste ere indesluttede i Parenthes [].

Juni 1857.

Adolph Steen.

Astronomie.

Astronomien (ἀστήρ Stjerne — νόμος Lov) er den Videnskab, som handler om Himmellegemerne eller Stjernerne (deres Bevægelser, Størrelser, Figurer, Masser). Den bestaaer af tre Hoveddele:

1) Sphærisk Astronomie lærer at bestemme Stjernernes tilsyneladende Bevægelser paa Himmelkuglen (σφαῖρα, en Kugle) og giver tillige et Middel til at bestemme de os nærmeste Himmellegemers Afstand, Størrelse og Figur.

2) Theorisk Astronomie gaaer ud paa at finde de sande Bevægelser i Verdensrummet, samt indbefatte disse under almindelige Love (θεωρεῖν, at betragte, at udgrandske).

3) Physisk Astronomie fremstiller alle Himmellegemernes sande Bevægelser som nødvendige Resultater af en eneste uforanderlig og over den hele Natur udbredt Kraft, Tyngden (Gravitationen), der tillige leder til Kundskab om de nærmeste Himmellegemers Masse.

1. Sphærisk Astronomie.

§ 1.

Hovedphænomener.

A. Den daglige Rotation. I enhver stjerneklar Nat viser Himlen sig som en indvendig Kugelflade, i hvis

Centrum Iagttageren befinder sig, og Jorden synes som en til alle Sider udstrakt plan Flade at skjule den halve Deel af Himmelkuglen, saa at denne deles i to Halvkugler, den synlige (øvre) og usynlige (nedre). Planet, som danner Grændsen, er altsaa et Storcirkelplan. Det kaldes Horizonten [rettere Horizontens Plan] (ὁρίζων, begrændsende). Ved en gjennem nogle Timer fortsat Iagttagelse sees den talløse Mængde af lysende Punkter paa Himmelkuglen, Fixstjernerne (stellæ fixæ), alle at forflyttes fra deres Steder, men uden at forandre deres indbyrdes Stillinger. De sees nemlig at beskrive parallele Cirkelbuer om et fast Punkt paa Himmelhvælvingen, Nordpolen, som ligger ganske nær ved en stærkt lysende Stjerne (Polarstjernen). Den modstaaende Pol hedder Sydpolen, begge med et fælleds Navn Verdenspolerne (πολέω, jeg omdreier). Himmelhvælvingen selv synes altsaa at omdreies om en usynlig ret Linie, Verdensaxen, som fra Centrum eller Iagttagerens Øie drages ud paa begge Sider til Polerne. Ved denne Omdreining, som skeer fra Øst til Vest, komme alle Stjernerne, som om de vare befæstede til Himmelhvælvingen, til i det samme Tidsløb at beskrive Cirkelbuer med ligestort Grademaal, men i forskjellige Planer, alle perpendiculære paa Verdensaxen. Da enhver Bue har sit Centrum i denne Axe, have Buerne en større eller mindre Længde, eftersom Stjernen er længere fra eller nærmere ved en af Polerne. De Stjerner, som ere i Nærheden af Nordpolen, ere i vort Jordstrøg synlige under den hele Iagttagelse, hvorimod andre, som ere fjernere, føres op fra den usynlige til den synlige Halvkugle, hvilket skeer i den østlige Himmelegn, eller sees i den vestlige at forsvinde ved at synke under Horizonten eller fra den synlige gaae ned i den usynlige Halvkugle (Stjernernes daglige Opgang og Nedgang). Sydpolen og den Deel af Himmelen, som er i Nærheden af samme, kommer i vort Jordstrøg ingensinde op over Iagttagerens Horizont. Derimod de Stjerner, som

ere i Nærheden af Nordpolen, komme ingensinde ned under Horizonten; disse sidste kaldes circumpolære Stjerner, og dertil høre f. Ex. Stjernerne i Stjernebilledet Carlsvognen eller den store Bjørn (Hom. Il. XVIII, 489). En Storcirkelbue, dragen fra Stjernen β (Fig. 1) i den store Bjørn hen igjennem α, maa forlænget paa den anden Side af α, omtrent saa langt, som α er fra η, paa det nærmeste træffe Polarstjernen.

Paa Himmelhvælvingen befinde sig foruden Fixstjernerne endnu to stærkt lysende Legemer, Solen og Maanen. Naar den første af disse hæver sig over Horizonten, blive alle Fixstjernerne usynlige for det blotte Øie, idet Indtrykket af deres svagere Lys tilintetgjøres af Sollyset, hvorimod man ved Hjælp af Kikkerter kan endnu om Dagen fortsætte Iagttagelsen af Fixstjernernes uforandrede Omdreining om Verdenspolen. Ligeledes har Maanen, naar den om Natten er over Horizonten, den Virkning at gjøre de svagere lysende Fixstjerner usynlige for det blotte Øie, men uden at kunne forhindre Synet af de stærkere lysende Fixstjerner. Ved fortsatte Iagttagelser finder man, at Himmelhvælvingens Rotation om Axen, den daglige Bevægelse, stedse fuldføres med en uforanderlig Hastighed i en Tid af

$$23^h\ 56^m\ 4^s,09,$$

som er Længden af en Stjernedag. I Forløbet af denne Tid fuldfører enhver Fixstjerne et heelt Omløb om Verdenspolen; saa at to Iagttagere, som i samme Øieblik have deres faststaaende Kikkerter stillede hver paa sin Fixstjerne, ville stedse efter Forløbet af den nævnte Stjernedag igjen have samtidigen de samme Stjerner i Kikkerterne. Da man paa ethvert Sted paa Jorden kan observere denne Omdreining om en Axe, dragen fra Iagttagerens Standpunkt til Verdenspolen, som for ethvert Standpunkt viser sig at være det selvsamme Punkt paa Himmelkuglen, synes Verdensaxen at kunne drages igjennem hvilketsomhelst Punkt af Jorden; dette kan kun forklares derved, at hele Jorden er en forsvindende Størrelse i Sammenligning med hele Himmelkuglen, eller, hvad der er det samme, i Sammenligning med Jordens Afstand fra Fixstjernerne.

B. Bevægelser særegne for visse Stjerner. Medens Fixstjernerne beholde deres Stillinger aldeles faste og uforandrede paa Himmelhvælvingen under dennes daglige Rotation fra Øst til Vest, bemærkes derimod Forflyttelser paa Himmelhvælvingen eller eiendommelige Bevægelser:

1) ved Solen. Dennes daglige Omløb om Verdenspolen fuldføres i en Tid, kaldet den sande Soldag, som stedse er større end Stjernedagen (Fixstjernernes Acceleration), hvilket viser, at Solen har en tilbagegaaende Bevægelse paa Himmelen, d. e. en Bevægelse fra Vest til Øst eller i modsat Retning af den daglige Bevægelse. Den sande Soldag er variabel, f. Ex. den 21 Decbr. omtrent ½ Minut større, 21 Septbr. ½ Minut mindre end dens Middelværdie, som er 24^h og kaldes en Middelsoldag. I Løbet af omtrent et Aar vil Solen ved denne sin tilbagegaaende Bevægelse have gjennemvandret paa Himmelhvælvingen en heel Storcirkel, Ecliptica (ἐκλείπω, deficio, fordi Maanen er i denne Storcirkel hvergang der er Formørkelse, ἔκλειψις, af Solen eller Maanen). Middelsoldagen overstiger nemlig Stjernedagen med $3^m\,55^s,91$, som i 365 Dage vil opløbe til

$$365 \,.\, 3^m\,55^s,91 = 23^h\,55^m\,7^s,15,$$

hvilket kun er $56^s,94$ mindre end en Stjernedag. Altsaa 365 Soldage falde næsten sammen med 366 Stjernedage, efter hvilken Tids Forløb Solen derfor ved sin tilbagegaaende Bevægelse er ført omtrent tilbage til samme Sted af Himmelhvælvingen.

2) Maanen har en endnu stærkere tilbagegaaende Bevægelse, idet den bruger blot

$$27^d\,7^h\,43^m\,11^s,54$$

til at gjennemløbe en Storcirkel, der ikke meget afviger fra Ecliptica, og derefter at komme i den samme Stilling mod Fixstjernerne. Det nævnte Tidsløb kaldes en Stjernemaaned. For at komme i den samme Stilling mod Solen bruger den

$$29^d\,12^h\,44^m\,2^s,85,$$

kaldet den synodiske Maaned, i hvilken den gjennemløber sine fire Phaser (φάσις): Nymaane, første Qvarteer, Fuldmaane, sidste Qvarteer.

3) Planeterne (stellæ errantes, vagæ, πλανάω) have ogsaa en egen Bevægelse, der sædvanligen er tilbagegaaende fra Vest til Øst, men undertiden ogsaa fremadskridende fra Øst til Vest, i hvilket Tilfælde deres daglige Omløbstid er, kortere end Fixstjernernes. Undertiden ere de stationære saa at den daglige Omløbstid falder sammen med Fixstjernernes. De befinde sig altid i Nærheden af Ecliptica, og de adskille sig i Udseende fra Fixstjernerne derved, at de have et roligt ikke zittrende Lys, og vise sig i Kikkerterne forstørrede. Venus, Mars, Jupiter og Saturnus ere synlige for det blotte Øie og kjendelige ved deres stærke Glands. Mercur viser sig for det blotte Øie som en skjøn Fixstjerne, men formedelst dens bestandige Nærhed ved Solen er den sjeldent synlig. Uranus sees kun vanskeligen med det blotte Øie. [Neptunus saavelsom mange andre mindre, hvoriblandt de først opdagede] Ceres, Pallas, Vesta og Juno ere telescopiske.

4) Cometerne (stellæ crinitæ, caudatæ, κόμη) bestaae gjerne af en lysende Kjerne, omgivet af et svagere Lys, Taagen, og ledsaget af en lang Lysstribe, Halen. Dog ere nogle i den nyere Tid observerede, som ikke have Taage eller Hale. De ere i Almindelighed kun en kort Tid synlige, og vise særegne Bevægelser i alle Retninger og af meget forskjellig Størrelse; thi nogle have dagligen gjennemløbet en Bue af ½°, andre 5°, 20°, endogsaa 50°.

Nogle have været synlige om Dagen for det blotte Øie (1402, 1532).

(§ 2.)

Formler for Sammenligning af Omløbstider.

Naar to Punkter gaaende ud fra det samme Sted bestandigen omdreies paa den samme Cirkel i den samme Retning med constante Hastigheder, idet det ene Punkt fuldfører en heel Omdreining i en vis Tid A, det andet i en længere Tid B, saa faaer derved det andet Punkt i Relation til det første ėn tilbagegaaende Bevægelse paa Cirklen. Hastigheden herfor er Differentsen imellem de to Punkters Hastigheder $= \frac{360^0}{A} - \frac{360^0}{B}$, saa at, naar T er Omløbstiden for denne tilbagegaaende Bevægelse, haves

$$\frac{360^0}{T} = \frac{360^0}{A} - \frac{360^0}{B},$$

følgelig

$$T = \frac{AB}{B-A}, \quad B = \frac{AT}{T-A}, \quad A = \frac{BT}{T+B}$$

Naar altsaa af de tre Tider, A, B, T de to ere givne, kan den tredie findes.

F. Ex. T = Stjerneaaret = $365^d\ 6^h\ 9^m\ 10^s{,}7496$, i hvilket Solen ved sin tilbagegaaende Bevægelse gjennemløber Ecliptica og kommer tilbage til sin forrige Stilling mod Fixstjernerne, B = Middelsoldag = 24^h give ifølge den tredie Formel A = Stjernedag = $23^h\ 56^m\ 4^s{,}09$.

Antages T = den synodiske Maaned = $29^d\ 12^h\ 44^m\ 2^s{,}85$, A = Middelsoldagen = 24^h, faaes B = Middelmaanedag = $24^h\ 50^m\ 28^s{,}33$. Det samme Resultat erholdes ved for T at tage Stjernemaaneden og for A Stjernedagen.

Dernæst af A = Stjernedagen, B = Middelmaanedagen findes T = Stjernemaaneden.

§ 3.

Faste Punkter og Cirkler paa Himmelkuglen.

Horizonten er den Storcirkel, som deler Himmelen i den synlige og usynlige Halvkugle.

Æqvator er den Storcirkel, som har sine Poler i Verdenspolerne. Den deler Himlen i den nordlige og sydlige Halvkugle.

Ecliptica er den Storcirkel, som Solen beskriver ved sin aarlige Bevægelse. Dens Poler kaldes Eclipticas Nordpol og Sydpol, den første paa den nordlige, den anden paa den sydlige Halvkugle.

Horizontens Poler ere Zenit og Nadir, den første paa den synlige, den anden paa den usynlige Halvkugle (arab. Senit Ras, Hovedpunkt, Issepunkt, og Natheir al Senit, det lignende eller tilsvarende Punkt).

Horizontens Axe, d. e. den Diameter i Kuglen, som forbinder dens Poler, kaldes Verticalaxen. Dens Retning angives ved en ophængt Snor, i hvis nederste Ende et tungt Lod er befæstet. Horizonten [eller rettere Horizontens Plan] bestemmes dernæst som det paa den verticale Retning perpendiculære Plan. Dette Plan er ogsaa angivet ved Overfladen af et Fluidum, som er i Ligevægt.

Enhver Storcirkel, som gaaer igjennem Horizontens Poler og følgelig er perpendiculær paa Horizonten, kaldes en Verticalcirkel. Enhver Storcirkel, som gaaer igjennem Verdenspolerne eller er perpendiculær paa Æqvator, kaldes en Declinationscirkel. Enhver paa Ecliptica perpendiculær Storcirkel kaldes en Bredecirkel.

Den Storcirkel, som gaaer igjennem Horizontens og Æqvators Poler, altsaa er baade en Vertical- og en Declinationscirkel, kaldes Meridianen (meridies). Meridianens og Horizontens Skjæringspunkter kaldes Sydpunkt og Nordpunkt, den rette Linie, som forener disse, Middagslinien. Meridianens Poler eller Æqvators og Horizontens

Skjæringspunkter ere de Punkter paa Horizontens Omkreds, som ere 90° fra Sydpunkt og Nordpunkt. De kaldes Østpunkt og Vestpunkt (de fire Cardinalpunkter). Meridianen deler Himmelen i den østlige og vestlige Halvkugle.

Den Storcirkel, som gaaer igjennem Æqvators og Eclipticas Poler, altsaa er baade en Declinations- og en Bredecirkel, hedder Solstitial-Coluren (κόλουρος, mutilus, truncus). Dennes Poler eller Æqvators og Eclipticas Skjæringspunkter ere Nulpunkt af Vædderen (0 ♈) og Nulpunkt af Vægten (0 ♎), hvilke begge tilsammen kaldes Æqvinoctialpunkterne. I det første er Solen i Foraarsjevndøgn, 20 eller 21 Marts, i det sidste i Efteraarsjevndøgn, 23 Septbr. Solstitialcolurens Skjæringspunkter med Ecliptica hedde Solstitialpunkterne: Nulpunkt af Krebsen (0 ♋) og Nulpunkt af Steenbukken (0 ♑), i hvilke Punkter Solen er i Sommersolhverv, 21 Juni, og i Vintersolhverv, 21 Decbr.

De smaa Cirkler parallele med Æqvator kaldes Parallelcirkler. Den Deel af Parallelcirklen, som er over Horizonten, hedder Dagbuen og deles af Meridianen i to lige Dele, den opstigende og nedstigende Dagbue. Parallelcirklens høieste Punkt over Horizonten er Skjæringspunktet med Meridianen. Naar en Stjerne ved sin daglige Bevægelse passerer Meridianen, siges den at culminere. De circumpolære Stjerners øvre og nedre Culmination ere begge synlige, for andre Stjerner blot den øvre, for dem, der findes i Nærheden af Sydpolen, ere begge Culminationer usynlige. De Stjerner, som findes paa den nordlige Halvkugle, uden at være circumpolære, have deres Opgang imellem Østpunktet og Nordpunktet, d. e. i Nordost, deres Nedgang imellem Vestpunktet og Nordpunktet eller i Nordvest. Ligeledes vil for Stjernerne i den sydlige Halvkugle Opgang og Nedgang finde Sted i Sydost og Sydvest.

Alene de Stjerner, som ere i Æqvator, have deres Opgang i Østpunktet, Nedgang i Vestpunktet, og til samme

Tid vil deres Dagbue netop være 180°, saa at de befinde sig, ved den daglige Rotation, lige saa lang Tid over, som under Horizonten. Dette finder f. Ex. Sted ved Solen, naar den i Jevndøgnstiderne er i 0 ♈ eller i 0 ♎.

§ 4.

De sphæriske Coordinater.

Naar en Storcirkel *ABC* (Fig. 2) og et Punkt *A* i samme antages givne paa Kuglen, vil ethvert Punkt *S* i denne Kugles Overflade bestemmes i Stilling ved de to Storcirkelbuer (sphæriske Coordinater) *SB* og *AB*, idet Buen *SB* er opreist lodret paa *AB*, altsaa forlænget gaaer igjennem Polen *P* for Storcirklen *ABC*. Coordinaten *BS* regnet fra 0 til 90° er positiv eller negativ, eftersom *S* ligger paa den ene eller den anden Side af Planet *ABC*, og Coordinaten *AB*, liig den sphæriske Vinkel *APB*, kan enten vedtages at regnes bestandigen i den samme Retning fra 0 til 360°, stedse positiv, eller ogsaa den regnes fra 0 til 180°, positiv i den ene Retning *ABC*, negativ i den modsatte.

For en Stjerne *S* paa Himmelkuglen bestemmes Stillingen ved at vælge som den faste Storcirkel *ABC* enten Horizonten eller Æqvator eller Ecliptica.

1) Horizonten. *SB* kaldes Høiden, positiv eller negativ, eftersom *S* er paa den synlige eller usynlige Halvkugle. *AB* regnet fra Sydpunktet *A* kaldes Azimut (arab. Alsemt, Punkt, Mærke), som regnes østlig eller vestlig fra 0 til 180° (Biot astron. phys. 3 Udg. T. I 1841 pag. 44 & 48 regner Azimut fra Nordpunktet igjennem Vestpunktet til 360° [; det samme gjælder om andre, saasom Littrow]). — mod Øst

2) Æqvator. *SB* kaldes Declination, positiv eller negativ, eftersom *S* er paa den nordlige eller sydlige Halvkugle. *AB* regnet fra *A* som Nulpunkt af Vædderen

i østlig Retning fra 0 til 360°, kaldes Rectascension (ascensio recta). positiv +.

3) Ecliptica. SB kaldes Brede, som er nordlig eller positiv, naar S er paa den nordlige Side af Ecliptica, sydlig eller negativ, naar S er paa den sydlige Side. AB regnet fra A som Nulpunktet af Vædderen, bestandig østlig eller i Retningen af Solens Bevægelse fra 0 til 360°, hedder Længden. positiv +.

Horizont — Höiden ±90 Azimuth
Æqvator — Declin. ±90 Rectascension
Ecliptica — Breden ±90 Længden

§ 5.

Ved Observation at bestemme en Stjernes Sted med Hensyn til Horizont, Æqvator, Ecliptica.

1) Horizonten. Ved Hjælp af Cirkelqvadranten maales for en Stjerne S Høiden $h = BD$ (Fig. 3 og 4), som er Complement til Zenitdistancen SCZ; og Azimut AB, ab findes ved det sammensatte Instrument, Azimutal-Instrumentet. Det maa herved forudsættes, at ZC er vertical, altsaa bragt til at være parallel med en frit nedhængende Snor, i hvis nederste Ende et tungt Lod er befæstet; endvidere at CA, Ca, falder sammen med Middagslinien.

Denne sidste bestemmes derved, at den halverer Buen BB' (Fig. 3 og 5) paa den horizontale Cirkel, hvis Endepunkter bestemme de Stillinger af den bevægelige Verticalqvadrant, hvori Stjernen før og efter Culminationen har samme Høide (de correspondérende Høiders Methode). Dette bevises saaledes:

Z være Zenit, P Verdenspolen, PZA Meridianen, S og S' Stjernens Stillinger før og efter Culminationen med samme Høider SB og $S'B'$. Følgelig ere Zenitdistancerne lige, $90° - SB = 90° - S'B'$ eller

$$SZ = S'Z$$
$$SP = S'P \quad (\S\ 1)$$
$$PZ = PZ,$$

altsaa de to sphæriske Triangler have de tre Sider ligestore, altsaa formedelst Grundformlerne i den sphæriske Trigonometrie maae deres eensliggende Vinkler være ligestore, saa at

$$< SZP = < S'ZP$$
$$180° - SZP = 180° - S'ZP$$

d. e. $< SZA = < S'ZA$ eller $AB = AB'$ (thi Z er Pol for BAB').

$< SPZ$ kaldes Timevinkel. Den beskrives ved den daglige Rotation med constant Hastighed, saa at Culminationstiden erholdes bestemt som det Klokkeslet, der ligger midt imellem de to Klokkeslet, da Stjernen sees i S og S'.

360°.

Ved at antage Kikkerten faststaaende paa Verticalqvadranten findes let dennes to Stillinger B og B', hvorved den samme Stjerne S før og efter Culminationen haves i Kikkerten. Herved erholdes igjen Sydpunktet A og Middagslinien CA, som vedligeholdes ved i denne Linies Forlængelse paa Marken at opreise en vertical Stang. Ved Signaler givne fra Observator, som fra C stiller Kikkerten i Retningen CA, vil nemlig en anden Person bringes til at stille Stangen omsider i den nævnte Linies Forlængelse.

Anm. Solhøiden kan maales ved Længden af den Skygge AB (Fig. 6), som kastes paa et horizontalt Plan af en verticalt opreist Stang AC. Høiden B findes ifølge $\operatorname{tg} B = \frac{AC}{AB}$. — Naar man om A som Centrum paa det horizontale Plan beskriver en Cirkel og bemærker de to Punkter i Cirklens Omkreds, som om Formiddagen og Eftermiddagen falde sammen med Endepunktet af Stangens Skygge, erholdes Middagslinien ved at halvere den mellemliggende Cirkelbue. Denne Methode er kun approximativ, deels fordi Skyggen ikke er skarpt begrændset (efterdi Solen har en synlig Diameter og er intet blot Punkt), deels fordi Solens Afstand fra Verdenspolen ikke er constant.

I Løbet af faa Timer forandres den dog ikke mærkeligt; men fordeelagtigst er det at vælge Solhvervstiden, hvor Solens Declination er størst nordlig eller størst sydlig, og derfor langsomst forandres.

2) Æqvator. Först maa denne Storcirkels Beliggenhed bestemmes ved at søge Polens Høide over Horizonten, Polhøiden. Denne ene Størrelse er tilstrækkelig, efterdi Polen er beliggende i det forhen bestemte Meridianplan, saaledes at Polens Azimut er 180°. Aabenbart er Polhøiden liig den halve Sum af de Høider, hvormed en circumpolær Stjerne har sin övre og nedre Culmination; ligesom ogsaa samme Stjernes Poldistance (Complementet til Declinationen) er de samme Høiders halve Differents. Men det vil være nødvendigt at bestemme Polhøiden uden Hjælp af observerede Høider; thi ved disse maa en Correction foretages formedelst Lysets Refraction (hvorom siden), hvilket ved Middagslinien ikke behøvedes (efterdi de observerede Høider og derved ogsaa de to tilsvarende sande Høider vare ligestore, og desuden Azimut ikke forandres ved Refractionen).

(*HAZPRQ* (Fig. 7) er Meridianen, *HOR* Horizonten, *AOQ* Æqvator, *Z* Zenit, *P* Nordpol, *H* Sydpunkt, *O* Östpunkt, *R* Nordpunkt, *S* og *S'* den circumpolære Stjernes Steder i den samme Verticalcirkel *ZS'SV*. Da Refractionen ikke forandrer Azimut, vil Stjernen virkeligen være i Verticalcirklen i det Öieblik, den sees deri, man maaler derfor ved Azimutalinstrumentet Azimut $HOV = \alpha$, og observerer ved Hjælp af et Uhr, som maa have en nøiagtig jevn Gang, Klokkeslettene for Stjernens nedre Culmination i *D*, dens Observation i *S*, dens Observation i *S'*, dens øvre Culmination i *F*, og subtraherer det første Klokkeslet fra det andet, det tredie og det fjerde, hvorved erholdes de tre Tider t, t' og T. Dog behövedes denne sidste, som er liig den halve Stjernedag, ikke at søges, forsaavidt den

kunde være tidligere bekjendt. Altsaa da Timevinklerne beskrives eensformigt, erholdes

$$< ZPS = \theta = 180^\circ \frac{T-t}{T}, \quad < ZPS' = \theta' = 180^\circ \frac{T-t'}{T}.$$

Iøvrigt kunde man ogsaa betjene sig af Klokkeslettene for Stjernens Steder *S*, *S'*, *F* istedetfor *D*, *S*, *S'*. Dernæst i $\triangle\, ZPS$ udtrykkes Siden *PS* ved Hjælp af de tre Stykker $< ZPS = \theta$, $< SZP = 180^\circ - \alpha$, $ZP = 90^\circ - p$, idet $p = PR$ er den søgte Polhøide. Ligeledes i $\triangle\, ZPS'$ udtrykkes PS' ved de tilsvarende Stykker θ', $180^\circ - \alpha$, $90^\circ - p$. Altsaa, formedelst $SP = S'P$ eller $\cot SP = \cot S'P = \operatorname{tg} \delta$, idet δ betyder Stjernens Declination, haves:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{-\cos\alpha \sin\theta + \sin\alpha \cos\theta \sin p}{\sin\alpha \cos p} = \frac{-\cos\alpha \sin\theta' + \sin\alpha \cos\theta' \sin p}{\sin\alpha \cos p},$$

følgelig

$$\sin p = \cot\alpha \frac{\sin\theta' - \sin\theta}{\cos\theta' - \cos\theta} = - \cot\alpha \cot \tfrac{1}{2} (\theta' + \theta).$$

Denne Formel erholdes ogsaa umiddelbart ved at nedfælde $\frown Pq$ perpendiculær paa $\frown ZS'S$, da saa $< ZPq = \frac{1}{2}(\theta' + \theta)$ og tillige

$$\cos ZP = \cot PZq \,.\, \cot ZPq.$$

Sættes istedetfor θ og θ' deres forhen angivne Værdier, faaes

$$\sin p = \cot\alpha \cot 90^\circ \frac{t+t'}{T}.) \qquad (1)$$

F. Ex. man finder Kjøbenhavns Polhøide liig 55° 40′ 53″. (Da enhver circumpolær Stjerne giver nøiagtigen samme Polhøide, bekræftes Antagelsen af Timevinklens Proportionalitet med Tiderne eller den daglige Rotations Eensformighed.) Det kan endvidere bemærkes, at *ZP* eller Complementet til Polhøiden er liig Heldningen imellem Horizontens og Æqvators Planer eller liig *AH*, som man kalder

Æqvators Høide. Polhøiden forandres $\frac{1}{10}''$ ved Forflyttelse af blot 5 Alen i Retningen af Middagslinien.

Naar en hvilkensomhelst Stjerne Σ (Fig. 8) forbindes ved Storcirkelbuer med Z og P, erholdes det sphæriske Triangel ΣZP, og betegnes for Σ Høide, Azimut, Timevinkel og Declination ved h, α, θ, δ, samt Polhöiden ved p, blive Siderne i dette Triangel

$$\Sigma Z = 90^0 - h,\ \Sigma P = 90^0 - \delta,\ ZP = 90^0 - p,$$

og de modstaaende Vinkler

$$P = \theta, \qquad Z = 180^0 - \alpha, \qquad \Sigma.$$

Naar altsaa af de fem Størrelser h, α, θ, δ, p hvilkesomhelst tre ere bekjendte, kunne de andre to findes ifølge sphærisk Trigonometrie. For Ex. af δ, θ, α findes p, hvorved erholdes en fortrinlig Methode til at finde Polhøiden, men som forudsætter Stjernens Declination bekjendt. Af p, θ, α findes Declinationen δ, hvorved man atter undgaaer at bruge den af Refractionen afficerede Høide h, hvorimod man af p, θ, α kan finde den sande Høide. Formlerne herfor ere

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg}\delta &= \frac{-\cos\alpha\sin\theta+\sin\alpha\cos\theta\sin p}{\sin\alpha\cos p}, \\ \operatorname{tg}h &= \frac{\sin\alpha\cos\theta-\cos\alpha\sin\theta\sin p}{\sin\theta\cos p}. \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Kun naar Stjernen er i Meridianen, altsaa $\alpha = 0$ eller 180^0, $\theta = 0$ eller 180^0, blive disse Formler ubrugelige, idet de fremstille sig under den ubestemte Form $\frac{0}{0}$, hvilket ogsaa i sig selv er indlysende. Af δ, p, θ som bekjendte findes Formlerne til at beregne h og α, som fremstille, hvorledes en Stjerne hvert Öieblik forandrer sit Sted imod Horizonten paa Grund af den daglige Rotation:

$$\left.\begin{aligned} \sin h &= \sin\delta\sin p + \cos\delta\cos p\cos\theta, \\ \cot\alpha &= \frac{\cos\delta\sin p\cos\theta - \sin\delta\cos p}{\cos\delta\sin\theta}. \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Den første af disse Formler viser, at h er størst for $\theta = 0$, d. e. i den øvre Culmination, hvorved erholdes)

$$\sin h = \cos(\delta - p),\ 90^0 - h = \pm(\delta - p), \qquad (3')$$

(idet man tager øverste eller nederste Fortegn, eftersom $\delta - p$ er positiv eller negativ. Ligeledes sees, at h er mindst for $\theta = 180^0$ d. e. i den nedre Culmination, idet man erholder

$\sin h = -\cos(\delta + p)$ [eller $\cos(90^0 - h) = \cos(180^0 \mp (p+\delta))$, og altsaa

$$90^0 + h = \pm(p + \delta), \qquad (3'')$$

hvor man kun tager nederste Fortegn, naar δ er negativ og numerisk større end p. Formlerne (3′) og (3″) stemme ogsaa med Figuren for enhver Stilling af Parallelcirklen, hvori Stjernen Σ befinder sig. Man har nemlig (Fig. 9)

$$\begin{aligned} 90^0 - FR &= ZF = AF - AZ, \\ 90^0 - F'H &= ZF' = AZ - AF', \\ 90^0 - F''H &= ZF'' = AZ + AF'', \\ 90^0 + F'''H &= ZF''' = AZ + AF''', \end{aligned}$$

af hvilke den første svarer til (3′) med øverste Fortegn, de andre svare til nederste Fortegn; ligeledes

$$\begin{aligned} 90^0 + DR &= ND = NQ + DQ, \\ 90^0 - D'R &= ND' = NQ + D'Q, \\ 90^0 - D''R &= ND'' = NQ - D''Q, \\ 90^0 - D'''H &= ND''' = D'''Q - NQ, \end{aligned}$$

af hvilke den sidste giver (3″) med nederste Fortegn, de andre give øverste.]

For Fixstjerner, der slet ikke komme over Horizonten, er $\cos(\delta - p)$ negativ eller $\pm(\delta - p)$ en Bue i anden Qvadrant, saa at Høiden h for Stjernens øvre Culmination bliver negativ; δ maa altsaa være saa stor negativ, at $-\delta + p \geqq 90^0$ [ɔ: δ maa mindst være AH, idet $AH + AZ = 90^0$].

Endvidere indsees, at de circumpolære Stjerner bestemmes derved, at Høiden bliver positiv i den nederste Culmination, hvilket forudsætter, at $\cos(\delta + p)$ er negativ eller $\delta + p \geqq 90^0$, [d. e. Poldistancen $90^0 - \delta$ høiest liig Polhøiden, $PD = PR$].) Ifølge (3') tjener Culminationshøiden til at bestemme Polhøiden p, naar man kjender Declinationen δ og omvendt til at finde δ, naar p er bekjendt. Begge Dele forudsætte, at den observerede Culminationshøide h er corrigeret for Refractionen. Navnlig finder det Anvendelse med Hensyn paa Solen, idet man observerer sammes Middagshøide ved den saakaldte Middagskikkert eller Passageinstrumentet (Fig. 10), som væsentlig bestaaer i en Kikkert, der er saaledes bevægelig om en fast Axe, at den bestandigen bliver i Meridianens Plan [; tilsøes maa denne Iagttagelse skee ved Speilinstrumenter, f. Ex. ved en Sextant]. Da man i Soltavlerne har Solens Declination for hver Dag i Aaret, vil Observationen af dens Høide tjene til Bestemmelse af Polhøiden, (idet Valget af Fortegn i (3') let afgjøres, da man stedse omtrentlig kjender Polhøiden. — $p = 90^0$ indsat i (3) giver $h = \delta$.

Af p, δ, h findes

$$\left.\begin{aligned} \cos\theta &= \frac{\sin h - \sin\delta \sin p}{\cos\delta \cos p}, \\ \cos\alpha &= \frac{\sin h \sin p - \sin\delta}{\cos h \cos p}. \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Sættes f. Ex. $h = 0$, erholdes Klokkeslet og Azimut for Stjernens Op- og Nedgang, nemlig

$$\cos\theta = -\operatorname{tg}\delta \operatorname{tg} p, \quad \cos\alpha = -\frac{\sin\delta}{\cos p}.$$

Disse Formler udvise, at, eftersom δ er positiv eller negativ, skeer Opgang og Nedgang enten i Nordost og Nordvest, eller i Sydost og Sydvest. Er saaledes $p = 0$, som er Tilfældet for de Steder, der ligge under Æqvator, faaes

$\alpha = \pm(90^0 + \delta)$, som angiver Azimut til Opgangs- og Nedgangspunktet i Overeensstemmelse med det Anførte, og $\theta = \pm 90^0$ [, hvoraf man, ved at anvende Formlen for Timevinklen, der, skjøndt særligt udviklet for circumpolære Stjerner, ogsaa gjælder for andre, faaer $90^0 = 180^0 \frac{T-t}{T}$, der giver $t = \frac{1}{2} T$, altsaa Opgang og Nedgang en Fjerdedeel Stjernedag før og efter Culminationen]. Er derimod $\delta = 0$, faaes $\theta = \pm 90^0$, $\alpha = \pm 90^0$, d. e. en Stjerne, som er i Æqvator, gaaer op i Østpunktet, ned i Vestpunktet, og er lige længe over og under Horizonten. Fremdeles maa man, for at $\cos\theta$ og $\cos\alpha$ ikke skulle falde udenfor Grændserne ± 1, ikke have den numeriske Værdi af $\delta > 90^0 - p$, thi saa er der ingen Opgang eller Nedgang, men Stjernen er enten bestandigen under Horizonten (δ negativ), eller ogsaa den er circumpolær (δ positiv).)

♈ (Fig. 11) betegner Nulpunktet af Vædderen, saa at ♈ $F = AR$ og ♈ $F' = AR'$ ere Rectascensionerne for to Stjerner S og S'. Deres Timevinkler ere $SPZ = \theta$ og $S'PZ = \theta'$. Man har $FF' = \angle FPF'$, altsaa

$$AR - AR' = \theta - \theta'. \qquad (5)$$

Følgelig vil man af to Stjerners Timevinkler og den enes Rectascension bestemme den andens Rectascension. Herved bliver det muligt at bestemme enhver Stjernes Rectascension, efterdi man stedse kan bestemme Solens. Betegner f. Ex. S Solen, saa at ♈S er en Bue af Ecliptica, $\angle S$♈$F = \varepsilon$ er Heldningen imellem Æqvator og Ecliptica, Eclipticas Skraahed, $SF = \odot\delta$ er Solens Declination, saa er i det retvinklede Triangel S♈F

$$\operatorname{tg} \odot\delta = \sin \odot AR \operatorname{tg} \varepsilon. \qquad (6)$$

For $AR = 90^0$ har følgelig δ sin største Værdie $= \varepsilon$. Ved Observationen ved Sommersolhverv findes Solens største Declination eller Eclipticas Skraahed [Aar 1856] at være omtrent $23^0\ 27\frac{1}{2}'$, saa at ifølge (6) $\odot AR$ til enhver Tid kan findes og deraf igjen ifølge (5) enhver Stjernes Rectascension. Formlen (5) anvendt paa Solen og Nulpunktet af Vædderen giver

$$\odot AR = \odot\theta - \Upsilon\theta,$$

hvilket giver en ny Methode til at bestemme Solens Rectascension, idet et Uhr reguleret efter Stjernetid tjener til at angive Klokkeslettet regnet fra Culminationen af Nulpunktet af Vædderen, hvorved $\Upsilon\theta$ bliver bekjendt.

3) Ecliptica. $A\Upsilon Q$ (Fig. 12) er Æqvator, ΥL Ecliptica, P Æqvators Pol, Π Eclipticas Pol, ΠPLQ Solstitialcoluren, PSF og ΠSK de gjennem Stjernen S gaaende Declinations- og Brede-Qvadranter. Man antage Rectascensionen $\Upsilon F = AR$, Declinationen $SF = \delta$, Længden $\Upsilon K = \lambda$, Breden $SK = \beta$. I det sphæriske Triangel ΠPS haves

Siderne $\Pi P = \varepsilon$, $PS = 90^0 - \delta$, $\Pi S = 90^0 - \beta$,
Vinklerne $< P\Pi S = 90^0 - \lambda$, $< \Pi PS = 90^0 + AR$.

Altsaa af ε, δ og AR som bekjendte findes β og λ, nemlig

$$\left.\begin{aligned} \sin\beta &= \cos\varepsilon\sin\delta - \sin\varepsilon\cos\delta\sin AR, \\ \operatorname{tg}\lambda &= \frac{\sin\varepsilon\sin\delta + \cos\varepsilon\cos\delta\sin AR}{\cos\delta\cos AR}. \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

For Solen haves $\beta = 0$ og af det retvinklede sphæriske Triangel ΥSF faaes

$$\operatorname{tg}\odot\lambda = \frac{\operatorname{tg}\odot AR}{\cos\varepsilon}, \quad \sin\odot\lambda = \frac{\sin\odot\delta}{\sin\varepsilon}.$$

§ 6.

Om Jordens Figur og Størrelse og om Bestemmelsen af Steders Beliggenhed paa dens Overflade.

I Sammenligning med Jordens Dimensioner ere Ujevnhederne paa dens Overflade at betragte som forsvindende; og med Abstraction fra disse Ujevnheder frembyder Overfladen overalt en continuerlig Krumning. Alle Iagttagelser paa selve Jorden bekræfte dette. Saaledes af en ophøiet Gjenstand, f. Ex. et Taarn, seer man i en vis Afstand kun den øverste Deel, og eftersom man nærmer sig Gjenstanden, vil en stedse større Deel fra oven nedad successive blive synlig; ligesom ogsaa, naar man hæver sig til en stedse større Høide over Overfladen, vil en stedse større Udstrækning af Jorden blive synlig. Alle Steder vil man i samme Høide over en jevn Flade af Jorden kunne oversee denne i ligestor Udstrækning og det i alle Retninger. Hvis denne Iagttagelse kunde anstilles med Nøiagtighed, vilde man allerede derved kunne ikke blot bevise dens Kugleform, men endog bestemme Størrelsen af dens Radius. Betegnes nemlig denne ved r og Standpunktets Høide over Jordens Overflade ved h, og kaldes β den Vinkel, som dannes med det horizontale Plan af en Linie draget ud fra Standpunktet til det yderste synlige Punkt af Jordens Overflade, hvilken Vinkel kaldes Horizontens Nedsænkning (Depression), saa haves

$$\frac{r}{r+h} = \cos\beta, \text{ altsaa } r = \frac{h\cos\beta}{1-\cos\beta}.$$

F. Ex. ved Iagttagelse af Humboldt paa Teneriffa haves Horizontens Depression 2^0 og Standpunktets Høide over Havets Overflade $= 3710^{\text{mèt.}}$ Man faaer $\cos\beta = 0{,}9993908$, $r = 6087243^{\text{mèt.}}$ Men deels formedelst Refractionen, deels og især formedelst Jordens Ujevnheder kan denne Methode ikke frembringe tilstrækkelig Nøiagtighed. Derimod kunne Observationer paa Himmelen med Fordeel benyttes.

Naar en Stjerne samtidigen iagttages fra to Steder A og B (Fig. 14), og den fra A sees i Zenit, men fra B med en Zenitdistance $= \beta$, saa er de to Steders Afstand AB i Buemaal $= \beta$, efterdi man kan antage $AS \mp BS$ (§ 1).

Maales altsaa Længden af Buen $AB = \alpha$, findes Cirklens eller Jordens Radius $r = \frac{180^0}{\beta} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \alpha$.

Da man alle Steder paa Jorden finder omtrent samme Længder af ligestore Buer, saa at r alle Steder næsten er den samme, er Jorden meget nær ved at være en Kugle. Ligge A og B i samme Meridian, d. e. i et Meridianplans Overskjæringslinie med Jordens Overflade, hvilken kaldes en Jordmeridian, og Polhøiderne i A og B ere p og $p + \beta$, saa er AB i Buemaal $= \beta$, og det findes, at Polhøiden voxer og aftager omtrent ligemeget ved alle ligestore Forflyttelser paa samme Jordmeridian imod Nord eller Syd. Ved nøiagtigere Maalninger er det fundet, at Meridiangradernes Længder fra Syd imod Nord ere voxende, og at Jordmeridianen ikke er en Cirkel, men snarere en Ellipse, hvis korte Axe er i Retningen fra Centrum C til Verdenspolen P, eller at Jorden er en Revolutionsellipsoide, frembragt ved Ellipsens Omdreining om den korte Axe. Dette bekræftes ogsaa ved andre Undersøgelser, støttede paa physisk Astronomie (Pendulet, Maanens Perturbationer), og man har fundet, at den lille Axe er liig den store formindsket ved dens $\frac{1}{299}$ [er altsaa $\frac{298}{299}$ af den store], hvilken [første] Brøk altsaa udtrykker Graden af Jordens Fladtrykning [Affladning] (aplatissement). Paa Længden af hele Meridianens Omkreds er det franske Maal grundet, idet hele Omkredsen af den Jordmeridian, som gaaer igjennem Observatoriet i Paris, sættes = 40000000 Meter. Herved bestemmes Længden af en Meter, og ved Sammenligning med det danske Maal har man fundet, at en dansk Fod $= 0{,}31385^m$ eller en Meter $= \frac{1}{0{,}31385} = 3{,}1862$ dansk Fod. Betragtes Jorden som en Kugle, vil følgelig dens Radius r tilnærmelsesviis erholdes ved at sætte

$$2\pi r = 40000000^m,$$

hvorved faaes

$$r = 6366197{,}7^m = 20283979 \text{ danske Fod}$$
$$= 845 \text{ Mile } 3979 \text{ Fod.}$$

Dgr: 846,6

(15 geographiske Mile paa Graden af Æqvator giver $r = 859{,}4$ geographiske Mile).

Antages denne Kugles Centrum for Observators Standpunkt, vil Jordens Overflade blive concentrisk med Himmelhvælvingen. Æqvators Plan og Verdensaxen gjennemskjære Jordkuglen og bestemme altsaa den terrestriske Æqvators, AQ (Fig. 16), og Jordaxens, $(P)(P')$, Beliggenhed, samt Jordens Nordpol, (P), og Sydpol, (P'). Tillige fremkomme Jordmeridianerne som alle de Storcirkler, der ere lodrette paa den terrestriske Æqvator eller gaae igjennem Jordens Poler. For en Observator paa Jordens Overflade i N vil Meridianen være $(P)NA(P')Q$, og medens den apparente Horizont[s Plan] er et Plan, som tangerer Jorden i N, er den sande Horizont[s Plan] det dermed parallele Storcirkelplan HCR.

Beliggenheden af det vilkaarlige Sted N paa Jordens Overflade bestemmes altid med Hensyn til Æqvator, altsaa ved disse to Storcirkelbuer:

1) NA, Afstanden fra Æqvator, Stedets Brede, som er liig Polhøiden p, og regnes fra 0 til 90⁰, som nordlig eller sydlig Brede, eftersom N befinder sig paa Jordens nordlige eller sydlige Halvkugle.

2) Den Storcirkelbue, som paa Æqvator er beliggende imellem et vilkaarligen givet Punkt og det, hvor Æqvator skjæres af Stedets Meridian, hvilken Bue kaldes Stedets Længde og regnes stedse østlig fra 0 til 360^0. Eensgjældende med denne Bue er den sphæriske Vinkel ved Jordens Pol imellem Stedets Meridian og den gjennem det givne Punkt i Æqvator dragne Meridian, som kaldes den første Meridian. Som den første Meridian antages ofte, ifølge Ludvig den Trettendes Befaling, den, der gaaer igjennem den vestlige Deel af Öen Ferro [; men da Beliggenheden af denne Meridian ikke var nöiagtig nok an-

givet, har man i den nyere Tid lagt den lidt Vest for Ferro, netop 20^0 Vest for Meridianen igjennem Paris's Observatorium]. Dog regne Englænderne gjerne fra Meridianen igjennem Greenwichs Observatorium, de Franske fra Meridianen igjennem Paris's Observatorium, og ligesaa andre Nationer fra deres første Observatorium.

Hvorledes et Steds Brede eller Polhøide findes, er ovenfor viist (Formel (1) og (3), den sidste Methode bruges især tilsøes). Længden findes saaledes:

Første Methode. To Steders Længdeforskjel er liig Heldningen mellem deres Meridianer, altsaa liig Forskjellen mellem de to Timevinkler, som en Stjerne i samme Moment har paa de to Steder. Den findes altsaa ved for den samme Stjerne at anstille paa de to Steder saadanne Observationer, hvoraf Timevinklen kan findes. Disse Observationer anstilles begge Steder i det samme Øieblik, som tilkjendegives ved et Phænomen, der indtræffer i et Øieblik og er synligt paa begge Steder, enten et terrestrisk Signal, f. Ex. en Raket, eller et øieblikkeligt Phænomen paa Himlen, f. Ex. naar en af Jupiters Maaner indtræder i Planetens Skygge. Signalet kan ogsaa gives ved den elektriske Telegraph.

Anden Methode. Naar et Uhr (Chronometer) er stillet saaledes, at det angiver Klokkeslettet paa det ene Sted eller i dette Steds Meridian efter en vis Stjerne, som vælges til Tidsmaaler, f. Ex. i Middelsoltid (see § 1), og man med dette Uhr begiver sig til et andet Sted og iagttager der Klokkeslettet efter samme Tidsmaaler til et vist Moment, saa vil Forskjellen imellem dette Klokkeslet og Uhrets Klokkeslet være det samme som de to Steders Længdeforskjel udtrykt i Tid, hvilket forandres til Grademaal efter Forholdet $24^h : 360^0$ eller $1^h : 15^0$, altsaa $1^{min.} : 15'$, $1^{sec.} : 15''$. Altsaa Timer, Tidsminuter, Tidssecunder, alle multiplicerede med 15 give Grader, Bueminuter, Buesecunder. F. Ex. Kjøbenhavns Observatorium ligger $10^0\ 14'\ 34'',5$

Øst for Paris's, hvilket udgjør i Tid $40^{min.}\ 58^{sec.},3$ (Astron. Nachrichten IX pag. 164*)). Imellem Kjøbenhavn og Altona er Tidsforskjellen $10^{min.}\ 32^{sec.},583$. Paa Æqvator vil en Secund i Bue være, Graden regnet til 15 geographiske Mile, 100 geographiske eller 98 danske Fod, altsaa $\frac{1}{10}''$ omtrent 10 Fod [, saa at der for hver 1500 Fod er en Tidsforskjel af $1^{sec.}$].

Ere to Steders Breder p og p' og deres Længdeforskjel λ bekjendte, findes deres Afstand $\triangle$ i Bue ved at danne et sphærisk Triangel imellem begge Steder og een af Jordens Poler, hvorved erholdes

$$\cos\triangle = \sin p \sin p' + \cos p \cos p' \cos\lambda,$$

og Afstanden i Længde paa Jordens Overflade vil dernæst blive $\frac{\triangle}{180^0}\pi r$, men den retlinede Afstand bliver Chorden til Buen $\triangle$, altsaa $2r \sin \frac{1}{2}\triangle$, idet r betyder Jordens Radius.

Man har vedtaget at dele Jordens Overflade i forskjellige Zoner eller Jordbelter, som væsentlig adskille sig fra hverandre ved deres klimatiske Beskaffenhed ifølge den forskjellige Stilling, Solen kan erholde i Aarets Løb med Hensyn til Stedets Horizont. Baade den nordlige og den sydlige Halvkugle af Jorden indbefatter følgende tre Belter:

1. Det tropiske strækker sig paa begge Sider af Æqvator til de to Parallelcirkler, hvis Afstande fra Æqvator ere liig Eclipticas Skraahed, og som kaldes Vendekredsene (tropicæ af τρέπειν), den nordlige Krebsens, den 23°28'
sydlige Steenbukkens. De i dette Belte beliggende Punkter erholde to Gange om Aaret (men Vendekredsene selv kun een Gang) den culminerende Sol i Zenit, hvilket sees af den første Formel (3), som for $\theta = 0$, $h = 90^0$ giver

*) I Baggesens „den danske Stat“ findes urigtigt $10^0\ 14'\ 23'',3$.

$$1 = \cos(p - \delta), \text{ altsaa } p = \delta,$$

men denne Betingelse kan kun opfyldes for de Steder, hvis Brede eller Polhöide p ikke ligger udenfor $\pm\varepsilon$, som ere de yderste Grændser for Solens Declination.

2. De tempererte Jordbelter strække sig i den nordlige og sydlige Halvkugle fra Vendekredsen til Polarkredsen. Denne er en Parallelcirkel, hvis Afstand fra Æqvator er $90^0 - \varepsilon$ eller Eclipticas Skraaheds Complement. De i disse Belter beliggende Punkter have ingensinde Solen i Zenit, men de have tillige den culminerende Sol om Middagen over, om Midnat under Horizonten. Nemlig den første Formel (3) giver for $\theta = 0$ og for $\theta = 180^0$ respective

$$\sin h = \cos(p - \delta) \text{ og } \sin h = -\cos(p + \delta),$$

af hvilke den første er positiv for $p - \delta < 90^0$, altsaa for $p < 90^0 + \delta$, hvis mindste Værdie er $90^0 - \varepsilon$, og den sidste er negativ for $p + \delta < 90^0$, altsaa atter $p < 90^0 - \varepsilon$. Samme Resultat erholdes for $h = 0$ af den første (4), som giver

$$\cos\theta = -\operatorname{tg}\delta \operatorname{tg} p,$$

hvilken Formel bliver umulig, naar $\operatorname{tg}\delta \operatorname{tg} p > 1$ eller naar $\operatorname{tg} p > \cot\delta = \operatorname{tg}(90^0 - \delta)$, d. e. naar $p > 90^0 - \delta$.

3. Polaregnene ligge indenfor Polarkredsene og indeslutte Jordens Poler; de indbefatte de Steder, som om Sommeren i Nærheden af Sommersolhverv have Solen over Horizonten hele Dögnet igjennem. I Polerne selv er Solen det halve Aar over, det andet halve Aar under Horizonten, eller der er det halve Aar Dag og det andet halve Aar Nat.

(§ 7.)

Opgaver grundede paa § 5 og § 6.

1. Af et Steds Brede og Solens Declination at finde Klokkeslettet*) for Solens Opgang og Nedgang, og de Punkter af Horizonten, hvori Opgang og Nedgang finde Sted.

Ved at sætte $h = 0$ i Formlerne (4) har man

$$\cos\theta = -\operatorname{tg}\delta \operatorname{tg} p, \quad \cos\alpha = -\frac{\sin\delta}{\cos p}.$$

2. At finde Stedets Brede ved Hjælp af Solens Declination og Klokkeslettet for Opgang eller Nedgang, eller af Solens Declination og Azimut for Opgang og Nedgang.

[Af Formlerne (4) faaes for $h = 0$ (see Opg. 1)]

$$\operatorname{tg} p = -\cos\theta \cot\delta, \quad \cos p = -\frac{\sin\delta}{\cos\alpha}.$$

3. At finde Solens Declination (og ifølge Soltavlerne de to dertil svarende Dage i Aaret), ved Hjælp [af Stedets Brede og enten Klokkeslettet eller Stedet for Opgang og Nedgang, d. e.] enten af θ og p eller af α og p.

[Man har af de samme Formler, som ved Opg. 1 og 2]

$$\operatorname{tg}\delta = -\cos\theta \cot p, \quad \sin\delta = -\cos p \cos\alpha.$$

[*) Ved disse Opgaver antages Klokkeslettet stedse regnet fra Solens Culmination af, idet Tidsrummet imellem to paa hinanden fölgende Culminationer af Solen deles i 24 Soltimer. Det skal senere (§ 13) vises, hvorledes et saadant Klokkeslet i sand Soltid kan erholdes af det ved et sædvanligt Uhr angivne (Middelsoltid), saavelsom hvorledes det kan forvandles til Stjernetid, d. e. den Tid, der faaes ved at dele Stjernedagen i 24 Stjernetimer. Foretages denne sidste Forandring og multipliceres med 15, faaes Timevinklen udtrykt i Grader. Ad den omvendte Vei findes Klokkeslettet af θ.]

4. At finde Solens Rectascension paa en given Dag.

[Af Soltavlerne findes $\odot\delta$, saa at (6) giver

$$\sin\odot AR = \operatorname{tg}\odot\delta \,.\, \cot\varepsilon.]$$

5. At finde Rectascensionen af de Stjerner, som til et givet Klokkeslet culminere paa en given Dag.

Opløses ved Formlen (5), idet man sætter [Stjernens Timevinkel] $\theta' = 0$, [beregner Solens Timevinkel af det givne Klokkeslet og Solens Rectascension ifølge Opg. 4, saa at man kan finde den søgte Rectascension

$$AR' = \odot AR - \odot\theta.]$$

6. Af Solens Middagshøide, Polhøiden og Solens Declination ere de to Størrelser bekjendte, hvoraf den tredie skal findes.

Ved at sætte $\theta = 0$ i den første Formel (3) haves

$$90^0 - h = \pm(\delta - p),$$

idet man tager øverste Fortegn, naar $\delta - p$ er positiv, nederste, naar $\delta - p$ er negativ.

7. Paa en given Dag af Solens Høide eller Azimut at finde Klokkeslettet.

Det Første skeer ligefrem efter den første Formel (4). Det Andet skeer ved den anden Formel (3), nemlig af

$$\cot\alpha = \frac{\cos\delta\sin p\cos\theta - \sin\delta\cos p}{\cos\delta\sin\theta}$$

faaes

$$\sin p\cos\theta - \cot\alpha\sin\theta = \operatorname{tg}\delta\cos p,$$

altsaa ved Indførelse af en Hjælpevinkel φ, bestemt ved at sætte $\cot\alpha = \sin p \operatorname{tg}\varphi$, erholder man

$$\cos(\theta + \varphi) = \operatorname{tg}\delta\cot p\cos\varphi.$$

Man maa heraf erholde to Opløsninger, naar Solen er circumpolær (i Fig. 7 S og S'), ellers faaes kun een Opløsning.

8. At finde Klokkeslettet for en bekjendt Stjernes Culmination.

[I (5) er Stjernens Rectascension AR' bekjendt, dens Timevinkel θ' er 0, naar den culminerer; for en anden Stjerne er Rectascensionen AR, Timevinklen θ, altsaa af

$$AR - AR' = \theta$$

findes Timevinklen for den anden Stjerne (Solen) og derefter Klokkeslettet for Culminationen i den ved den anden Stjerne (Solen) bestemte Tid.]

9. At finde Klokkeslettet for en Stjernes Opgang og Nedgang paa en given Dag, og at finde Dagen, paa hvilken en Stjernes Opgang og Nedgang finder Sted til et givet Klokkeslet.

Opløsningen afhænger af det første Problem i Forbindelse med Formlen (5). [For at løse den første Opgave, maa først af Stedets Brede og Solens Declination (Dagen) søges Klokkeslettet for Solens Op- og Nedgang; dernæst giver (5) $\theta - \theta'$, som forandres til Klokkesletsforskjel og saaledes bestemmer, hvorlænge Stjernen staaer op før eller efter Solen. I den anden Opgave kjender man Stjernens Timevinkel i det Øieblik, da den er i Op- eller Nedgang og derved ifølge (5) Solens Timevinkel i samme Øieblik, hvoraf atter udledes Klokkeslettet for Solens Op- eller Nedgang, altsaa ifølge (3) dens Declination (Dagen).]

Anm. Stjernernes heliske Opgang siges at finde Sted, naar Opgangen falder kort førend Solens Opgang, deres heliske Nedgang, naar Nedgangen skeer kort efter Solens, saa at i begge Tilfælde Stjernen kun en ganske kort Tid er synlig for det blotte Øie.

10. At finde det Steds Brede, hvor to Stjerner samtidigen have deres Opgang og Nedgang.

I den første Formel (3) sættes $h = 0$, idet Declination og Timevinkel for den ene Stjerne betegnes ved δ og θ, for den anden ved δ' og θ', saa at man har

$$0 = \sin\delta \sin p + \cos\delta \cos p \cos\theta$$
$$0 = \sin\delta' \sin p + \cos\delta' \cos p \cos\theta'$$

og desuden ifølge (5)

$$AR' - AR = \theta' - \theta.$$

Ved imellem disse tre Formler at eliminere θ og θ' erholdes

$$\operatorname{tg} p = \pm \frac{\sin (AR' - AR)}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \delta + \operatorname{tg}^2 \delta' - 2 \operatorname{tg}\delta \operatorname{tg}\delta' \cos (AR' - AR)}}.$$

(Nemlig, idet $\theta' = \theta + \mu$, $\mu = AR' - AR$, $\operatorname{tg} p = -\cos\theta \cot\delta = -\cos(\theta + \mu)\cot\delta'$, altsaa

$$\frac{\cos(\theta+\mu)}{\cos\theta} = \frac{\operatorname{tg}\delta'}{\operatorname{tg}\delta} \text{ eller } \cos\mu - \operatorname{tg}\theta \sin\mu = \frac{\operatorname{tg}\delta'}{\operatorname{tg}\delta},$$

hvoraf

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\cos\mu \operatorname{tg}\delta - \operatorname{tg}\delta'}{\operatorname{tg}\delta \sin\mu},\ \cos\theta = \frac{\operatorname{tg}\delta \sin\mu}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\delta \sin^2\mu + (\cos\mu \operatorname{tg}\delta - \operatorname{tg}\delta')^2}},$$

som indsættes i $\operatorname{tg} p = -\cos\theta \cot\delta$).

[Elegantere skeer Eliminationen paa følgende Maade. Af de to første Ligninger faaes

$$\cos\theta = -\operatorname{tg} p \operatorname{tg}\delta,\ \cos\theta' = -\operatorname{tg} p \operatorname{tg}\delta',$$

hvoraf, idet $\theta' - \theta = \mu$,

$$\cos\theta - \cos\theta' = 2 \sin\tfrac{1}{2}(\theta + \theta') \sin\tfrac{1}{2}\mu = \operatorname{tg} p (\operatorname{tg}\delta' - \operatorname{tg}\delta)$$
$$\cos\theta + \cos\theta' = 2 \cos\tfrac{1}{2}(\theta + \theta') \cos\tfrac{1}{2}\mu = -\operatorname{tg} p (\operatorname{tg}\delta' + \operatorname{tg}\delta)$$

Isoleres $\sin\frac{1}{2}(\theta+\theta')$ og $\cos\frac{1}{2}(\theta+\theta')$, qvadreres og adderes, erholdes

$$1 = \tfrac{1}{4} \operatorname{tg}^2 p \left(\frac{(\operatorname{tg}\delta' - \operatorname{tg}\delta)^2}{\sin^2\frac{1}{2}\mu} + \frac{(\operatorname{tg}\delta' + \operatorname{tg}\delta)^2}{\cos^2\frac{1}{2}\mu}\right),$$

eller

$$1 = \operatorname{tg}^2 p \frac{\operatorname{tg}^2\delta' + \operatorname{tg}^2\delta - 2 \operatorname{tg}\delta \operatorname{tg}\delta' \cos\mu}{\sin^2\mu},$$

hvoraf Formlen findes.]

Anm. Paa lignende Maade findes det Steds Brede, hvor to Stjerner samtidigen have samme Høide, forskjellig fra 0.

11. At finde Klokkeslettet, til hvilket paa et givet Sted to Stjerner have samme Azimut.

Ifølge den anden Formel (3), idet man sætter $\theta' - \theta = \mu = AR' - AR$, haves

$$\cot\alpha = \frac{\cos\delta \sin p \cos\theta - \sin\delta \cos p}{\cos\delta \sin\theta}$$
$$= \frac{\cos\delta' \sin p \cos(\theta+\mu) - \sin\delta' \cos p}{\cos\delta' \sin(\theta+\mu)},$$

hvoraf θ findes, og deraf ifølge (5) Solens Timevinkel. Formlen for θ er

$$\cos\delta \cos\delta' \operatorname{tg} p \sin\mu = \sin\delta \cos\delta' \sin(\theta+\mu) - \sin\delta' \cos\delta \sin\theta$$

eller

$$\operatorname{tg} p \sin\mu = (\operatorname{tg}\delta \cos\mu - \operatorname{tg}\delta') \sin\theta + \operatorname{tg}\delta \sin\mu \cos\theta,$$

altsaa ved at sætte

$$\frac{\operatorname{tg}\delta \cos\mu - \operatorname{tg}\delta'}{\operatorname{tg}\delta \sin\mu} = \operatorname{tg}\varphi$$

findes

$$\frac{\operatorname{tg} p \cos\varphi}{\operatorname{tg}\delta} = \cos(\theta - \varphi).$$

12. At finde de Dage i Aaret, da et Sted imellem Vendekredsene har Solen i Zenit, og at finde de Steder, som en given Dag have Solen i Zenit.

[Begge Opgaver løses ved Formlen (3')

$$90^0 - h = \pm (p - \delta),$$

som for $h = 90^0$ giver

$$p = \delta.]$$

13. At finde de Steder indenfor Polarkredsene, som en given Dag have den culminerende Sol i Horizonten og af Stedet at finde Dagen.

[Af (3′) faaes for $h=0$, $90^0=\pm(p-\delta)$.]

14. Klokkeslettet for en Stjernes Opgang er bekjendt for en vis Dag under en vis Brede p; at finde det for en anden Brede p'.

Ifølge det første Problem haves

$$\cos\theta=-\operatorname{tg}\delta\operatorname{tg}p$$
$$\cos\theta'=-\operatorname{tg}\delta\operatorname{tg}p',$$

altsaa

$$\cos\theta'=\frac{\operatorname{tg}p'}{\operatorname{tg}p}\cos\theta,$$

idet θ og θ' betegne Timevinklerne for Opgang eller Nedgang de to Steder. Da man af Klokkeslet og Rectascensionsforskjellen til Solen finder θ, kan man igjen af θ' og den samme Rectascensionsforskjel finde Klokkeslettet.

15. At bestemme Tusmørkets Varighed for hver Dag i Aaret, idet Tusmørket ophører, saasnart Solen er kommen 18^0 under Horizonten, og at bestemme de Dage i Aaret, for hvilke Tusmørket varer hele Natten.

I første Formel (4) sættes $h=-18^0$, p er Stedets Polhøide, δ Solens Declination, som for hver Dag i Aaret er angivet i Soltavlerne; deraf beregnes Solens Timevinkel θ, som forvandles til Klokkeslet, som da angiver Tusmørkets Begyndelse eller Ophør. Sættes tillige $\theta=180^0$, faaes

$$\cos(p+\delta)=\sin 18^0=\cos 72^0,$$

følgelig

$$\delta=72^0-p,$$

og derefter bestemmes de Dage i Aaret paa begge Sider af Sommersolhverv, hvor Solens Declination har den saaledes angivne Værdi; thi det er da klart, at i alle de

mellemliggende Dage vil Tusmørket vare hele Natten, idet Solen ikke vil naae ned til 18^0 under Horizonten. For Kjøbenhavn findes $\delta=16^0\,19'$, hvortil svarer 6 Mai og 7 August. [Dette er det astronomiske Tusmørke; det borgerlige Tusmørke, som vor Almanak angiver, ophører tidligere, nemlig naar Solen er $6^0\,23'\,30''$ under Horizonten.]

16. At finde det Sted, som har en given Stjerne i Zenit til et Klokkeslet, givet for et bestemt Steds, f. Ex. Kjøbenhavns, Meridian.

Af det givne Klokkeslet findes Solens Timevinkel og af Solens og Stjernens Rectascensioners Differents findes ifølge Formlen (5) Stjernens Timevinkel, hvorved angives den Declinationscirkel, hvori Stjernen findes, saa at denne Vinkel bliver den samme som det søgte Steds Længdeforskjel til Kjøbenhavns Meridian. Ved dernæst i den første Formel (3) at sætte $h=90^0$, $\theta=0$, erholder man $p=\delta$, d. e. det søgte Steds Polhøide er liig Declinationen af den givne Stjerne, som er i Stedets Zenit. Dette er ogsaa umiddelbart indlysende.

§ 8.
Refractionen.

Naar man for en Fixstjerne bestemmer til et vist Øieblik dens sande Høide over Horizonten, h, f. Ex. ved Hjælp af Azimut, Timevinkel og Polhøide (den anden Formel (2)), eller ved Hjælp af Declination, Timevinkel og Polhøide (den første Formel (3)), vil man stedse finde, at denne Høide er mindre end den observerede Høide, og at Afvigelsen er stedse mindre, jo større den sande Høide er, og forsvinder, naar Stjernen er i Zenit, d. e. $h=90^0$. Dette Phænomen forklares ved Lysets Brydning eller Refraction.

Et lysende Punkt S (Fig. 17) udsender Lysstraaler i alle Retninger, og vil blive synligt fra ethvert Punkt C, som umiddelbart fra S kan modtage en Lysstraale SC.

Hertil forudsættes, at denne paa sin Vei ikke hindres ved at støde paa uigjennemsigtige Gjenstande; og det er en bekjendt Naturlov, at saalænge Lysstraalen befinder sig enten i et aldeles tomt Rum eller i et gjennemsigtigt homogent Medium (d. e. af samme Tæthed og Sammensætning i alle sine Punkter), er dens Gang retlinet, saa at det lysende Punkt S befinder sig i den Retning, i hvilken det sees fra C. Derimod, naar en Lysstraale SO gaaer fra et homogent gjennemsigtigt Medium ind i et andet med større Tæthed (f. Ex. fra Luft til Vand, fra Luft til Glas), hvilke Media ere adskilte fra hinanden ved Planet EF, saa vil Lysstraalen i O *brydes* og ikke fortsætte sin Gang efter Linien OA, Forlængelsen af SO, men efter en Linie OB, som ligger nærmere ved Linien ZOZ', der er perpendiculær paa Planet CF. Ligeledes, naar B er et lysende Punkt, vil Lysstraalen, naar den gaaer over i det tyndere Medium brydes efter OS, som ligger fjernere fra Perpendiculæren OZ, end Forlængelsen af BO. Den brudte Straale SOB ligger stedse i eet Plan med ZOZ', *Indfaldsperpendiculæren*, og de to Vinkler $SOZ = \alpha$, $BOZ' = \beta$ (*Indfaldsvinklen* og den *brudte Vinkel*) staae i den Relation til hinanden, at $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ er en Constant, uafhængig af Vinklernes Størrelse, men afhængig af de to Mediers Beskaffenhed, og som for de forskjellige Media kun kan bestemmes ved Forsøg. n kaldes *Brydningscoefficienten*, og den er for to Media af samme Slags men af forskjellige Tætheder (f. Ex. atmosphærisk Luft [ved forskjellig Tryk eller Temperatur]), stedse større, jo større Forholdet er imellem deres Tætheder. Af den angivne Lov følger, at til $\alpha = 0$ svarer $\beta = 0$, d. e. den perpendiculære Straale brydes ikke, endvidere, at Refractionen, d. e. den Vinkel $\alpha - \beta = < AOB$, bliver stedse større, jo mere den indfaldende Straale afviger fra Indfaldsperpendiculæren eller, med andre Ord, jo mindre den helder imod Planet EF.

Den Jorden omgivende Atmosphære har ikke den samme Tæthed i alle sine Dele, men det er bekjendt, at Tætheden i Luften er alle Steder efter en vis Lov aftagende i den verticale Retning fra neden opad, eller Luften kan betragtes som indeholdende forskjellige Lag, concentriske med Jorden, saa at hvert Lags Tæthed er omtrentlig den samme i alle dets Punkter, men ethvert Lag har større Tæthed end det overliggende. Heraf følger, at en Lysstraale udgaaende fra en Stjerne S brydes saavel ved at træde ind i Jordens Atmosphære, som ogsaa fremdeles i ethvert Punkt af sin Bane i Luften, idet den allevegne gaaer fra et tyndere til et tættere Medium. Lysstraalens Gang i Jordens Atmosphære er altsaa en plan krum Linie, hvis Convexitet er vendt imod den verticale Linie fra Observators Standpunkt, og den er heelt beliggende i det verticale Plan, hvori Stjernen befinder sig. Refractionen forandrer altsaa ikke Azimut, men gjør den apparente eller observerede Høide stedse større end den sande Høide, saa at Afvigelsen selv er mindre, jo større Høiden er, og 0, naar Høiden er 90^0, ganske som Iagttagelserne vise det. I Figur 18 er ONZ Verticalen igjennem Observators Standpunkt N, SAN Lysstraalen fra Stjernen S, S' Stjernens tilsyneladende Sted i Forlængelsen af den Linie NS', som tangerer Lysstraalen i N. hr er Horizonten, $< SNr$ den sande Høide, $< S'Nr$ den observerede Høide, $< S'NS$ er Refractionens Størrelse.

I Horizonten er Refractionen størst og omtrent $34'$, og dernæst efter en vis Lov aftagende, saaledes som Refractionstavlerne udvise, samtidigen med Zenitdistancens Aftagen fra 90^0 til 0; men for den samme Zenitdistance er Refractionen igjen lidt foranderlig ifølge Luftens Tilstand i Henseende til Barometer- og Thermometerstand. Ved mathematisk Undersøgelse af Lysstraalens Bane AN i Atmosphæren har man funden følgende approximeerte Relation imellem Refractionen r og den observerede Zenitdistance z, forsaavidt $z < 75^0$,

$$r = a \operatorname{tg} z + b \operatorname{tg}^3 z, \qquad (8)$$

idet $a = 60'',5668$ og $b = -0'',067017$. Dette forudsætter Barometerhøiden 760^{mm} og Temperaturen 0, men for Barometerhøiden h (i Millimetre) og Temperaturen t (efter Celsius), bliver Refractionen R saaledes bestemt

$$R = \frac{h}{760} \cdot \frac{1}{(1+mt)(1+nt)} r,$$

idet $m = 0,003667$ [Regnault] og $n = \frac{1}{5550}$ (Francoeur Astron. prat. pag. 85) [*)].

[*) I Praxis bruges Tavler til Beregning af Refractionen for enhver Høide, Temperatur og Barometerstand. Man har saaledes af Bessel en Tavle, hvoraf nedenstaaende er et Uddrag, og som angiver Refractionens Middelværdie (Middelrefractionen).

Obs. Höide.	Refr.	Obs. Höide.	Refr.	Obs. Höide.	Refr.
0^0	34′54″	9^0	5′49″	50^0	48″
1	24′25″	10	5′16″	55	40″
2	18′ 9″	15	3′32″	60	33″
3	14′15″	20	2′37″	65	27″
4	11′39″	25	2′ 3″	70	21″
5	9′47″	30	1′40″	75	16″
6	8′23″	35	1′22″	80	10″
7	7′20″	40	1′ 9″	85	5″
8	6′30″	45	58″	90	0″

Men i Forbindelse med denne Tavle staae to andre, ved Hjælp af hvilke Refractionen bestemmes for en hvilkensomhelst Temperatur- og Barometerstand (jfr. Vegas logar.-trigon. Handbuch 40 Aufl. von Dr. C. Bremicker, Berlin 1856.)]

§ 9.

Parallaxis.

Den tilsyneladende Forandring i et Himmellegemes Sted, som frembringes ved Forflyttelse af Observators Standpunkt, kaldes Parallaxis, og i Særdeleshed kalder man den daglige Parallaxis den Forandring, som frembringes i et Himmellegemes tilsyneladende Sted derved, at Observator tænker sig forflyttet til Jordkuglens Centrum. For en Stjerne S i Fig. 19 være ζ og z den apparente og den sande Zenitdistance (befriede for Refraction), nemlig ζ den, som erholdes ved at observere S fra Punktet N paa Jordens Overflade, z ved at observere den fra Jordens Centrum C. Man har

$$\zeta - z = \varpi, \qquad (9)$$

som kaldes Høideparallaxis, og ved at sætte $CN = r$, $CS = \varrho$ haves

$$\sin \varpi = \frac{r}{\varrho} \sin \zeta, \qquad (10)$$

saa at den største Værdi af ϖ svarer til $\zeta = 90^0$. Den kaldes Horizontalparallaxis og er bestemt ved

$$\sin \Pi = \frac{r}{\varrho}. \qquad (11)$$

Altsaa ved imellem Formlerne (9) og (10) at eliminere ζ erholdes

$$\operatorname{tg} \varpi = \frac{\sin \Pi \sin z}{1 - \sin \Pi \cos z}, \qquad (12)$$

hvorved Høideparallaxis er bestemt ved Hjælp af den sande Zenitdistance. Da SC og SN ligge i eet Plan med Verticalen CNZ, indsees, at Parallaxis ligesom Refractionen ikke forandrer Azimut, men den forøger Zenitdistancen, medens Refractionen formindsker den.

Correctionen for Parallaxis ifølge (10) vil først da være mulig for en Stjerne S, naar sammes Horizontalparallaxis Π er bekjendt. Den findes derved, at to Iagttagere i N og N' (Fig. 20), som ligge i den samme Meridian, bestemme

1) begge Steders Polhøider p og p', hvorved haves $\angle PCZ = 90^0 - p$, $\angle PCZ' = 90^0 - p'$ (i Figuren er p' negativ), altsaa

$$\angle ZCZ' = \angle PCZ' - \angle PCZ = p - p'$$

eller

$$z + z' = p - p',$$

2) de for Refraction befriede Culminationshøider af Stjernen S, hvoraf findes ζ og ζ' som Complementerne til disse Høider. Ifølge Formlerne (9), (10) og (11) haves dernæst

$$\sin(\zeta - z) = \sin \Pi \sin \zeta$$
$$\sin(\zeta' - z') = \sin \Pi \sin \zeta'.$$

Elimineres herimellem $\sin \Pi$ og dernæst z' ifølge $z + z' = p - p'$, erholdes

$$\operatorname{tg} z = \frac{\sin \zeta' + \sin(p - p' - \zeta')}{\cot \zeta \sin \zeta' + \cos(p - p' - \zeta')},$$

hvorved z bestemmes, og dernæst Π ifølge (9), (10) og (11), som give

$$\sin \Pi = \frac{\sin(\zeta - z)}{\sin \zeta};$$

men da ϖ og ϖ' eller $\zeta - z$ og $\zeta' - z'$ altid ere meget smaa, kan man sætte

$$\sin \Pi = \frac{\zeta - z}{\sin \zeta} = \frac{\zeta' - z'}{\sin \zeta'} = \frac{\zeta - z + \zeta' - z'}{\sin \zeta + \sin \zeta'}$$

eller

$$\sin \Pi = \frac{\zeta + \zeta' + p' - p}{\sin \zeta + \sin \zeta'}. \qquad (13)$$

Af $\sin \Pi = \frac{r}{\varrho}$ findes igjen ϱ eller Stjernens Afstand fra Jordens Centrum, efterdi r, Jordens Radius, er forhen funden (§ 6).

For enhver Fixstjerne findes $\sin \Pi = 0$, som viser, at Jordens Radius er forsvindende i Sammenligning med Afstanden til en hvilkensomhelst Fixstjerne (jfr. § 1). Disse Himmellegemer kræve altsaa ingen Correction for Parallaxis.

Middelværdien af Π for Maanen (varierende fra $53'$ til $62'$) er $57'\,2''$, og for Solen $8'',6$. Maanens Afstand ϱ er derfor omtr. 60 Jordradier og Solens omtr. 24000 Jordradier.

§ 10.

Den synlige Radius.

Medens Fixstjernerne, endogsaa i Kikkerterne, vise sig som blotte lysende Punkter, sees derimod Solen, Maanen og Planeterne som større og mindre cirkelrunde Skiver, og antages derfor at være kugeldannede Legemer ligesom vor Jord. Den Vinkel, hvorunder den cirkelrunde Skive sees, kaldes dens synlige Diameter, og det halve deraf dens synlige Radius. Naar to Iagttagere paa det samme Sted og i samme Øieblik maale Høiderne, den ene af Skivens øverste, den anden af Skivens nederste Rand, ville disse Høiders halve Sum være Centrets Høide, og deres halve Differents være liig den synlige Radius. Er denne bekjendt, maa den observerede øverste og nederste Rands Høide corrigeres, den første ved at fradrage, den sidste ved at tilføie den synlige Radius; herved erholdes nemlig Centrets Høide, hvilken Størrelse ikke umiddelbart kan observeres, thi Skivens Centrum er ikke noget skarpt begrændset Punkt. Det Øieblik, da Centret culminerer, erholdes ved at tage den halve Sum af de Klokkeslet, til hvilke den forreste og bageste Rand culminere.

Betegnes Afstanden til Himmellegemets Centrum NS (Fig. 21) ved $\triangle$, den synlige Radius ved α, den sande Radius ved R, haves

$$R = \triangle \sin \alpha, \tag{14}$$

og ifølge § 9 vil $\triangle$ blive bekjendt formedelst

$$\triangle \sin \zeta = \varrho \sin z, \tag{15}$$

eller approximativt

$$\triangle = \varrho \left(1 - \frac{r}{\varrho} \cos \zeta\right);$$

thi man har

$$\frac{\sin z}{\sin \zeta} = \frac{\sin (\zeta - \varpi)}{\sin \zeta} = \cos \varpi - \sin \varpi \cot \zeta$$
$$= \cos \varpi - \frac{r}{\varrho} \cos \zeta = 1 - \frac{r}{\varrho} \cos \zeta,$$

da ϖ er meget lille.

Maanens synlige Diameter varierer imellem 29′ 21″,9 og 33′ 31″,1 og man finder Maanekuglens Radius liig 0,2729 (Jordens Radius sat liig 1), altsaa Maanens Volumen liig 0,0203 eller omtrent $\frac{1}{49}$ (Jordens Volumen er 1).

Solens synlige Diameter varierer imellem 31′ 31″,0 (1 Juli) og 32′ 35″,6 (31 Decbr.); Solkuglens Radius er 112 Jordradier (næsten det Dobbelte af Afstanden fra Jorden til Maanen), følgelig dens Volumen omtr. 1400000.

§ 11.

Stjernebillederne.

Da Fixstjernernes forskjellige Lysstyrke saavelsom deres indbyrdes Stillinger ingen kjendelige Forandringer have undergaaet i Tidernes Løb, ville idetmindste de mærkeligere eller de stærkere lysende Fixstjerner stedse med Lethed kunne gjenfindes. Imidlertid har man allerede fra de ældste

Tider fundet det beqvemt at henføre dem alle til visse Grupper (*Constellationer*, *Stjernebilleder*), hvoraf de fleste ere opkaldte enten efter Dyr eller efter visse mythologiske Personer, og de Stjerner, som høre til samme Gruppe, har man igjen betegnet ved Tal eller Bogstaver. Endvidere er enhver Stjerne med Hensyn til sin Lysstyrke [arbitrært] henregnet til første, anden, tredie, ..., fjortende [*)] Størrelse, ved hvilken sidste man standser [, fordi den er Grændsen for vore stærkeste Teleskopers Rækkeevne]; men kun de af de „förste sex Størrelser [i de ældre Fortegnelser] kunne sees med det blotte Øie" [, medens nutildags flere Stjerner, som kunne iagttages uden Instrumenter, indordnes under syvende Störrelse, saa at denne Størrelse er den virkelige Grændse imellem de for det blotte Øie synlige og de teleskopiske Stjerner].

De mærkeligste Stjernebilleder ere:

1. *Den store Björn* eller *Carlsvognen* (Fig 1) bestaaer af 6 Stjerner af anden og 1 af tredie Størrelse (δ) dette Stjernebillede, saavelsom de to følgende, er circumpolært.

2. *Den lille Bjørn* har næsten samme Figur som den store Bjørn, men i mindre Maalestok og med mindre Glands, desuden i omvendt Stilling. α, β, γ (Fig. 1) ere af tredie Størrelse, δ, ε, ζ, η af fjerde. α er *Polarstjerne*, fjernet $1^{0}\,36'$ fra Nordpolen, som er i Buen $\alpha\varepsilon$, eller i Buen fra α til γ i

3. *Cassiopea*, en Gruppe af Stjerner af tredie og fjerde Størrelse. Den er paa den modsatte Side af Polen med Hensyn til den store Bjørn. Fig. 23.

4. *Pegasus* eller *det store Kors* (Fig. 24). Den Bue, som fra α og β i den store Bjørn har givet Polarstjernen, tænkes forlænget ved den samme Størrelse, hvorved den kommer tæt forbi Cassiopea og gaaer dernæst ind

[*) Arago Astronomie populaire t I livre IX chap. II.]

i Pegasus. Dette Stjernebillede er et stort Qvadrat $\alpha\beta\alpha\gamma$ dannet af fire Stjerner af anden Størrelse, [af hvilke dog α tilvenstre i Fig. hører til det næste Stjernebillede,] og i Nærheden heraf ere to af tredie Størrelse $\eta\zeta$ paa en Linie parallel med $\alpha\gamma$. α kaldes Markab (Sadel), β Scheat (Overarm), γ Algenib (Side). Pegasus's og den store Bjørns Fiirkanter ere paa modsatte Sider af Polen. Forlænges $\alpha\alpha$ i Pegasus ['s Fiirkant], kommer man til $\alpha\beta\gamma$ i

5. Andromeda (Fig. 24), tre Stjerner af anden Størrelse, af hvilke α [tilvenstre] hører med til Pegasus's Fiirkant. Forlænges endnu denne Linie, kommer man til α i

6. Perseus (Fig. 24), af anden Størrelse, beliggende i den skraa Bue $\beta\alpha\gamma\eta$.

Her haves altsaa syv Stjerner af anden Størrelse, som danne en Figur, der ligner den store Bjørn, nemlig en Fiirkant og en Hale paa den forlængede Diagonal, men her er Halen næsten lige, begrændset af Perseus's Bue, og Stjernerne, som ere længere fjernede fra Polen end de i den store Bjørn, indtage ogsaa en større Udstrækning paa Himmelen.

9. Kudsken danner en stor uregelmæssig Femkant $\alpha\beta\theta\beta\iota$ (Fig. 25) (nær ved Perseus, som ligger imellem Kudsken og Andromeda). $\alpha\beta\beta$ danner et ligebenet Triangel; α er af første Størrelse og kaldes Capella (Gjeden); β, β ere af anden Størrelse [, den nederste β hørende til Stjernebilledet Tyren danner Spidsen af dennes nordlige Horn]. Nær ved α ere tre Stierner af fjerde Størrelse, ε, ζ, η, som danne et ligebenet Triangel.

Forlænges den store Bjørns krumme Hale, kommer man til Stjernebilledet

8. Bootes (Oxedriveren), hvori Stjernen α er Arcturus af første Størrelse.

9. Lyren, hvori en Stjerne Vega af første Størrelse, som ligger modsat Capella med Hensyn til Polen.

10. Ørnen ligger i sydostlig Retning fra Lyren. Heri findes tre Stjerner tæt ved hinanden i en ret Linie; dem midterste af dem er Altair af første Størrelse.

11. Svanen ligger mellem Lyren og Pegasus, den danner et stort Kors af 5 Stjerner; α, Hovedet af Korset, er af anden Størrelse og kaldes Deneb.

Tolv Stjernebilleder, som ligge langs med Ecliptica og danne et Belte, kaldet Dyrekredsen, ere mærkelige derved, at Solen efterhaanden gjennemløber dem i sit aarlige Omløb i Ecliptica. De ere:

1. Vædderen, som indeholder to Stjerner α, β af tredie Størrelse nær ved hinanden og een af fjerde Størrelse, lidt under Forlængelsen af $\alpha\beta$. Dette Stjernebillede ligger nær ved de to forhen nævnte Perseus og Andromeda.

2. Tyren (Fig. 26) udmærker sig ved to skjønne Stjernegrupper: a. Hyaderne i Form af et V danne Hovedet, hvori α af første Størrelse, kaldet Aldebaran og udmærket ved et rødagtigt Lys, er det ene Øie, ε af fjerde Størrelse er det andet; b. Pleiaderne paa Ryggen af Tyren [ved η] bestaae af en Gruppe nær ved hinanden staaende Stjerner, der sædvanligen kaldes Syvstjernen, omendskjøndt den i Virkeligheden kun indeholder sex Stjerner, synlige ved det blotte Øie [for de fleste Mennesker; jfr. iøvrigt Arago Astr. populaire liv. V chap. III t. I p. 189 og følg. Desuden hører til Tyren β, som danner det ene Hjørne af Kudskens Femkant].

3. Tvillingerne, hvori α og β, som ligge meget nær ved hinanden, kaldes Castor og Pollux.

4. Krebsen indeholder ingen mærkelig Stjerne, men en for det blotte Øie kjendelig Stjernehob, kaldet Krybben (præsepe).

5. Løven (Fig. 27) dannes af en stor Fiirkant $\alpha\beta\gamma\delta$, hvoraf de to ere af første Størrelse, nemlig α, som ogsaa kaldes Regulus eller Løvens Hjerte, og β, som kaldes Denebola (fordreiet af Dseneb el-ased, Løvens Hale).

6. Jomfruen indeholder en Stjerne α, kaldet spica virginis, Jomfruens Ax, af første Størrelse.

7. Vægten, fire Stjerner, hvoraf 1 af anden, 3 af tredie Størrelse ere stillede i en Fiirkant.

8. Skorpionen kommer kun lidt op over vor Horizont; den indeholder en Stjerne af første Størrelse, Antares (Skorpionens Hjerte), med et rødligt Skjær.

9. Skytten strækker sig indtil 45^0 sydlig Declination og er saaledes for os kun af ringe Mærkelighed.

10. Steenbukken er stillet under Ørnen; dens Stjerner ere af tredie og fjerde Størrelse. To af dem ere Dobbeltstjerner (hvorom nedenfor).

11. Vandmanden findes under Pegasus og indeholder Stjerner af tredie og fjerde Størrelse. Den afbildes som en Mand, der af en Krukke udhelder en Vandstrøm, hvilken er en Række af mindre Stjerner, der tilsidst ende med Stjernen α af første Størrelse, kaldet Fomalhaut og beliggende i Stjernebilledet den sydlige Fisk.

12. Fiskene ere to bugtede Rader af Stjerner, der ere meget smaa og lidet synlige. Den ene Rad taber sig ved Andromedas Belte, den anden strækker sig hen under Pegasus's Qvadrat. Ved deres Foreningspunkt er en Stjerne α af tredie Størrelse Fiskeknuden.

Stjernerne paa den sydlige Side af Ecliptica ere for os kun lidet vigtige. Dog mærkes følgende.

Orion (Fig. 28) beliggende noget lavere end Aldebaran og Stjernebillederne Kudsken og Tvillingerne. Det er den skjønneste af alle Constellationer; især sees den glimrende mod Syden om Vinteren og i Begyndelsen af Foraaret. α og γ af første og anden Størrelse ere Skuldrene, $\varkappa$ i Sværdet er af anden, β, venstre Fod, af første Størrelse. α hedder Beteigeuze (arab. Ibt al-dschauza) og β hedder Rigel. δ, ε, ζ udgjøre Beltet, η, σ, c, θ, ι, υ. $\varkappa$ er Sværdet. Beltet i Orion forlænget imod Syd leder til

Sirius af første Størrelse, den skjønneste Stjerne paa Himmelen, hørende til Stjernebilledet den store Hund.

Under Tvillingerne er den lille Hund, dannet af to Stjerner nær ved hinanden; den ene Procyon af første Størrelse, den anden af tredie. Procyon, Sirius og α i Orion danne et stort ligesidet Triangel.

Slangen (hydra) er en stor bugtet Rad af Stjerner under Løven og Jomfruen. Hjertet i Slangen er af anden Størrelse. Den ligger i Forlængelsen mod Vest af $\gamma\alpha$ i Løvens Trapezium.

Omendskjøndt det er en almindelig Regel, at Fixstjernerne hverken forandre deres Lysstyrke eller deres Sted paa Himmelen, saa finde dog herfra følgende Undtagelser Sted.

1. Nogle Stjerner have et „periodisk foranderligt Lys," f. Ex. Stjernen [mira ceti] o (Omikron) i Hvalfisken (paa den sydlige Side af Ecliptica omtrent lige langt fra Fiskene og Vædderen). I [omtrent] to Uger [fra 15 Dage til en Maaned] er den af anden Størrelse [undertiden kun af tredie], dernæst aftager den i [omtrent to] Maaneder [50 Dage], er fuldkommen synlig i fem Maaneder, tiltager igjen i [omtrent halvtredie] Maaned [69 Dage]. Den hele Periode [med ikke lidet vexlende Varighed for de forskjellige Stadier] er [nærmest 332] Dage [; den har udvist Variationer fra 306 til 367 Dage*)]. Undertiden skeer der dog nogen Undtagelse fra denne Regel, f. Ex. i fire Aar fra Oct. 1672 til Decbr. 1676 var den aldeles usynlig. — β (Algol) i Perseus er i $2^d\ 14^h$ af anden Størrelse, aftager dernæst hastig og reduceres i $3\frac{1}{2}^h$ til fjerde Størrelse, men voxer igjen i $3\frac{1}{2}^h$ til anden Størrelse. Dens Periode er $2^d\ 20^h\ 48^m$. — For andre Stjerner er Perioden længere [og stiger efter en For-

[*) Talangivelserne ere efter Humboldts Kosmos III, A, α, IV].

tegnelse af Argelander i Humboldts Kosmos III og Arago Astr. popul. tom. I liv. IX til 495 Dage]. Disse Forandringer hidrøre udentvivl [undertiden] fra mørke Legemer, som bevæges om Stjernen og saaledes til visse Tider formindske dens Lys eller endog ganske skjule den for os.

2. „Temporære" Stjerner kaldes saadanne, som uregelmæssigen have viist sig til visse Tider og igjen ere forsvundne for stedse. F. Ex. Aar 389 efter vor Tidsregning nær ved α i Ørnen viste sig en Stjerne, der i tre Uger lyste som Venus og derefter forsvandt for stedse. Nærved $\varkappa$ i Cassiopea viste sig den 11te Novbr. 1572 om Aftenen en Stjerne, strax bemærket af Tycho Brahe. Den maa antages at have viist sig pludseligen, lyste strax som Sirius, voxede endnu, saa at den blev synlig midt om Dagen, aftog derpaa i December, og forsvandt først ganske i Marts 1574. Fra den 10de Octbr. 1604 til [Februar eller Marts 1606] viste en lignende Stjerne sig i Stjernebilledet Slangeholderen.

3. I Kikkerterne vise en stor Mængde Stjerner sig som „Dobbeltstjerner", idet to, undertiden tre [, fire eller flere] ere stillede ganske nær ved hinanden og have en omdreiende Bevægelse om hinanden, medens de for det blotte Øie vise sig som enkelte Stjerner; f. Ex. „Castor" bestaaer af to Stjerner af tredie og fjerde Størrelse i en [Middelafstand] af [8″] fra hinanden. Man kjender nu omtrent [6000] Dobbeltstjerner [, af hvilke dog nogle maaskee kun tilsyneladende ere i hinandens Nærhed, idet Synslinierne til dem danne en meget lille Vinkel med hinanden, medens den ene Stjerne kan ligge meget fjernere fra Jorden end den anden. Disse, som kun kunne være optiske Dobbeltstjerner, ere imidlertid ikke mange; af de 653, som W. Struve har iagttaget, kunne ifølge Sandsynlighedsregningen, høiest 48 være optiske *). For en Deel af dem kjender man Omløbstiden,

[*) Liagre, calc. des probab. et théorie des erreurs Bruxelles 1852.]

som for Castor er 253 Aar, men iøvrigt varierer betydeligen, saaledes for ζ i Hercules er den 36 Aar, men for γ i Løven 1200 Aar]. Ved mange af dem bemærkes et forskjelligt farvet Lys, f. Ex. den ene Stjerne rød, den anden blaa eller grøn [eller den ene hvid, den anden blaa; navnlig er meget ofte en af Dobbeltstjernerne blaa, medens de enkelte Stjerner ikke pleie at have den Farve. Iøvrigt fortjener det at bemærkes, at Dobbeltstjernernes Farve har viist sig foranderlig, saaledes at de samme Stjerner, iagttagne med et Mellemrum af 50 Aar af William Herschel og Struve, have viist forskjellige Farver ved disse Iagttagelser *)].

4. Nogle faa Stjerner synes ganske langsomt at „forflytte sig" fra deres Sted paa Himmelen. Den største egne Bevægelse er funden ved [den 2151de Stjerne i Skibets Bagstavn, og den er aarlig 7″,871]. Stjernen 61 i Svanen er en Dobbeltstjerne, som [aarligen har flyttet sig 5″,123], medens begge Stjerner selv have beholdt deres indbyrdes Afstand 15″,4 uforandret.

Ved „Stjernegrupper" eller Stjernedynger forstaaes Samlinger af en stor Mængde ganske smaa Stjerner, der kun i Kikkerten kunne skjelnes fra hinanden, men for det blotte Øie vise sig som en lysende Taage. En saadan findes f. Ex. i Krybben (præsepe) i Stjernebilledet Krebsen. Ligeledes er „Mælkeveien", som omgiver næsten hele Himmelkuglen som en Storcirkel, en blot Samling af en utallig Mængde Fixstjerner. I et Belte af samme, 15^0 langt og 2^0 bredt, har man talt 50000 Stjerner [; dog ere de ikke ligeligt fordeelte over hele Mælkeveien]. Den skjærer Ecliptica nær ved Solstitialpunkterne og strækker sig til 60^0 Nord og Syd for denne Cirkel. — Nogle Stjernedynger kunne selv i Kikkerterne ikke skilles ad i Stjerner, og kaldes

[*) Jevnfør Arago Astr. popul. t. I livre X og Humboldt Kosmos III *A. a.* VI.]

derfor „Stjernetaager." En saadan findes i Orion omkring θ, en anden i Andromeda ved Stjernen ν. Denne sidste seet med det blotte Øie har et lignende Udseende som en Comet.

§ 12.

Forandring af Eclipticas Skraahed og af Æqvinoctial-Punktet.

Ved til forskjellige Tider at bestemme Fixstjernernes Stilling mod Æqvator og Ecliptica vil man ikke blot kunne opdage de nylig omtalte ganske langsomme Bevægelser, som ere særegne for visse enkelte Fixstjerner, men man vil tillige kunne finde, om de nævnte Storcirkler ere enten aldeles faste paa Himmelen eller om de ikke selv ere visse Bevægelser underkastede. Man har i denne Henseende opdaget følgende tvende Hovedbevægelser.

1) Eclipticas Skraahed har siden den græske Astronom Hipparchs Tid, som levede i Aaret 150 f. C., altsaa i Løbet af omtrent 2000 Aar, været i en bestandig Aftagen, saaledes, at den aarligen formindskes omtrent $\frac{1}{2}''$ eller nøiere $0'',4645$. I Begyndelsen af Aaret 1800 var Eclipticas Skraahed $23^0\,27'\,54''$ saa at den i Aaret $1800 + n$ har Værdien

$$\varepsilon = 23^0\,27'\,54'' - n\,.\,0'',4645.$$

Anm. Den anførte Værdie for Aaret 1800 er Middelværdien, thi i Virkeligheden er ε endnu underkastet en periodisk Forandring (Nutationen), hvorom senere. Ifølge physisk Astronomie vil ε aftage indtil Aaret 6582, da den vil være $22^0\,54'\,23''$, derefter voxe til $25^0\,21'\,20''$ i Aaret 19346, men til andre Tider vil denne kunne naae endnu lidt udenfor disse Grændser (Aar 34159 e. C. vil den være $20^0\,59'\,9''$, og 29379 f. C. har den været $27^0\,31'\,30''$) (jfr. Schubart Traité d'Astron. théor. tome III. Astr. phys. Hambourg 1834). Altsaa skeer der ikke i Tidens Løb

nogen saadan Forandring af Vendekredsene og Polarkredsene paa Jorden, at de climatiske Forhold undergaae væsentlig Forandring.

2) Siden Hipparchs Tid have alle Fixstjernerne aarligen voxet i Længde omtrent $50'',2$, som kaldes Præcessionen, og som kun kan forklares ved en ligesaa stor aarlig Forrykkelse fra Øst til Vest af Nulpunktet af Vædderen, hvorfor dette Phænomen kaldes Æqvinoctiums Præcession. Da de ældre Astronomer deelte Ecliptica i 12 Dele, hver paa 30^0 (Himmeltegnene, Vædderen, Tyren o. s. v.), som faldt sammen med de [dermed] eens benævnte Stjernebilleder, saa, da Præcessionen i 2000 Aar er næsten 30^0, falder nu Himmeltegnet Vædderen sammen med Stjernebilledet Fiskene, Himmeltegnet Tyren med Stjernebilledet Vædderen o. s. v. I 25868 Aar fuldfører Nulpunktet af Vædderen et heelt Omløb paa Ecliptica eller Verdenspolen et heelt Omløb om Eclipticas Pol, saa at efter denne Tids [det platoniske Aars] Forløb vil Solen igjen erholde den samme Stilling mod Fixstjernerne til de samme Aarstider. Formedelst Forflyttelsen af Æqvators Pol ville til forskjellige Tider forskjellige Fixstjerner komme i Nærheden af Polen eller blive Polarstjerner, f. Ex. [omtrent] i Aaret 2100 vil den nuværende Polarstjerne komme Polen nærmest, omtrent $28'$. For 2000 Aar siden var Stjernen β i den lille Bjørn Polarstjerne; i Aaret 2300 f. C. var α i Stjernebilledet Dragen, som ligger imellem den lille Bjørn og Lyren, kun $10'$ fjernet fra Polen. [Om 12000 Aar vil Vega i Lyren kun være 5^0 fra Polen og vil saaledes med sin smukke Glands erstatte den nuværende Polarstjerne].

Naar en Stjernes Brede og Længde til en vis Tid ere β og λ, idet Eclipticas Skraahed er ε, saa vil ifølge de nævnte to Bevægelser, idet ε bliver ε', β og λ forandres til β' og λ', som saaledes bestemmes. Den oprindelige Ecliptica $\vee L$ i Fig. 29 forandres ikke ved Æqvinoctiums Præcession, men $\vee$ flyttes til $\vee'$ og Æqvator forandres fra $\vee Q$ til $\vee' Q$.

idet $L\curlyvee Q = L\curlyvee' Q' = \varepsilon$. Altsaa $SK = \beta$ bliver uforandret, men $\curlyvee K = \lambda$ forandres til $\curlyvee' K = \lambda + \curlyvee\curlyvee' = \lambda + n\varpi$, idet $\varpi = 50'',2$ er Præcessionen i eet Aar. Man finder Buen $S\curlyvee'$ i det retvinklede Triangel $S\curlyvee' K$, nemlig

$$\cos S\curlyvee' = \cos\beta \cos(\lambda + n\varpi)$$

og man finder ifølge samme Triangel $< S\curlyvee' K$, nemlig

$$\operatorname{tg} S\curlyvee' K = \frac{\operatorname{tg}\beta}{\sin(\lambda + n\varpi)}.$$

Ved Eclipticas Skraaheds Forandring i n Aar, idet ε bliver til $\varepsilon' = \varepsilon - nk$, hvor $k = 0'',4645$, forandres Ecliptica til $\curlyvee' L'$, saa at man i det retvinklede Triangel $S\curlyvee' K'$ finder $\beta' = SK'$ og $\lambda' = \curlyvee' K'$, nemlig

$$\sin\beta' = \sin S\curlyvee' \sin(S\curlyvee' K + nk),$$
$$\operatorname{tg}\lambda' = \operatorname{tg} S\curlyvee' \cos(S\curlyvee' K + nk).$$

Den ved Præcessionen forandrede Declination SF og Rectascension $\curlyvee' F$ findes paa lignende Maade af det retvinklede Triangel $S\curlyvee' F$ ifølge $S\curlyvee'$ og $< S\curlyvee' F = S\curlyvee' K + \varepsilon$ som bekjendte.

§ 13.

Solens aarlige Bevægelse.

I eet Aar fuldfører Solen sit Omløb i Ecliptica, idet den bestandigen bevæges i Retningen fra Vest til Øst. Man maa herved skjelne imellem Solens sideriske Omlöbstid (Stjerneaaret), i hvilken den føres tilbage til den samme Stilling mod Fixstjernerne, og den tropiske Omløbstid (det tropiske Aar), i hvilken den gaaende ud fra $0\curlyvee$ efter sit Omløb i Ecliptica atter kommer til $0\curlyvee$. Da dette Punkt ved Præcessionen flytter sig i et Aar $50'',2$ fra Øst til Vest, bliver det tropiske Aar kortere end Stjerneaaret, nemlig

Stjerneaaret $= 365^d\, 6^h\, 9^m\, 10^s,7496$,
det tropiske Aar $= 365^d\, 5^h\, 48^m\, 47^s,8091$.

Da Præcessionen ikke er aldeles constant, er det tropiske Aar en ringe Foranderlighed underkastet, og er i vor Tid aftagende, saaledes at det formindskes $0^s,5$ i et Aarhundrede.

Længden af det borgerlige Aar eller Calenderaaret retter sig efter det tropiske Aars Længde, for at nemlig de samme Dage i Aaret kunne svare til de samme Aarstider; men det er tillige en Nødvendighed, at Calenderaaret indeholder et heelt Antal Dage. Disse Betingelser ere paa det nærmeste opfyldte i den nu gjældende, Gregorianske, Calender, indført af Pave Gregorius den Trettende i Aaret 1582. Det almindelige Aar bestaaer af 365 Dage, men hvert fjerde Aar, nemlig naar Tallet dannet af Aarstallets to sidste Ciffre er deleligt med 4, bestaaer af 366 Dage og kaldes et Skudaar, hvorfra dog stedse undtages de tre paa hinanden følgende Secularaar, saasom 1700, 1800, 1900, hvor Seclernes Antal ikke er deleligt med 4; thi disse Aar ere almindelige Aar, hvorimod 1600, 2000, 2400, . . . ere Skudaar. 400 Aar indeholde altsaa $3 \,.\, 24 + 25 = 97$ Skudaar og $3 \,.\, 76 + 75 = 303$ almindelige Aar, saa at

400 Calenderaar $= 97 \,.\, 366 + 303.365 = 146097$ Dage,
men 400 tropiske $= 146096^d\, 21^h\, 18^m\, 43^s,64$.

Denne Forskjel vil først i 4000 Aar opløbe til omtrent en heel Dag, hvorfor det vil blive nødvendigt at forbedre den gregorianske Calender derved, at hvert fjerde tusinde Aar ikke bør være Skudaar. I den Julianske Calender, som skyldtes Julius Cæsar, var det tropiske Aars Længde sat til $365^d\, 6^h$, saa at hvert fjerde Aar blev et Skudaar. Feilen, som heraf var opstaaet paa Gregor den Trettendes Tid, skyldtes de tolv Secularaar 100, 200, 300, 500, 600, 700, 900, 1000, 1100, 1300, 1400, 1500, som i den julianske Calender vare Skudaar, men som burde have været almindelige Aar. Men ved i Aaret 1582 at borttage 10 Dage af Calenderen, saa at man efter Torsdag den 4de October regnede Fredag den 15de istedetfor den 5te, dernæst den 16de istedetfor den 6te uden Forandring i Ugedagene o. s. fr., og ved at fastsætte de ovenfor angivne Regler for Skudaaret, blev Feilen hævet, og tillige Foraarsjevndøgn, som i Aaret 1582 faldt paa den 11te Marts, bragt til for Fremtiden at falde paa den 19de, 20de eller 21de Marts, hvilken sidste Datum man ansaae for at være paabudt ved en Bestemmelse given 325 paa Conciliet i Nicæa, og som man ikke turde fravige. (Pauckers Osterrechnung pag. 7 og 16.)

Anm. Skulde Foraarsjevndøgn altid falde paa den 21de Marts, maatte de 97 Skudaar i de fire Secler noget uregelmæssigen fordeles, hvilket vilde være ubeqvemt. Desuden maatte Fordelingen finde Sted for en vis enkelt bestemt Meridian, og endvidere vilde der indtræde Uvished i de Tilfælde, hvor Foraarsjevndøgn faldt ganske nær ved Midnat.

Den omtalte Berigtigelse af Calenderen er i protestantiske Lande først senere bleven indført, f. Ex. i Danmark i Aaret 1700, som ifølge den gregorianske Calender blev et almindeligt Aar, og man udskjød de 10 Dage ved efter den 18de Februar at regne den 1ste Marts. I Sverrig indførtes Forandringen 1752, i England 1753; men i Rusland bruges endnu den julianske Calender, som nu er 12 Dage efter den gregorianske.

Solens Bevægelse i Ecliptica skeer med foranderlig Hastighed, saa at der for Ex.

fra Foraarsjevndøgn til Sommersolstitial er $92^d\,22^h$,
fra Sommersolstitial til Efteraarsjevndøgn er $93^d\,14^h$,
fra Efteraarsjevndøgn til Vintersolstitial er $89^d\,17^h$,
fra Vintersolstitial til Foraarsjevndøgn er $89^d\,1^h$.

Solens hastigere eller langsommere Bevægelse staaer i en vis Sammenhæng med dens større eller mindre Diameter, altsaa med dens mindre eller større Afstand fra Jorden. Sættes Middelafstanden $= 1$, har man fundet

den mindste Afstand $= 0{,}98320774$,
den største Afstand $= 1{,}01679226$.

Bevægelsen er størst i den mindste Afstand (Begyndelsen af Januar), mindst i den største Afstand (Begyndelsen af Juli). Den daglige Bevægelse er i første Tilfælde $1^\circ\,1'\,10'',1$; i andet $57'\,11'',7$. Den daglige Middelbevægelse er $59'\,8'',3$. Et bevægeligt Punkt, som i Retningen fra Vest til Øst gjennemløber Ecliptica med den anførte uforandrede Middelbevægelse og falder sammen med Solen, naar den er i sin mindste Afstand, vil til enhver Tid angive Solens Middellængde. Den sande Længde formindsket ved Middellængden kaldes Centrets Æqvation, som er positiv, naar Solen gaaer fra det Punkt, hvor den har kortest Afstand, Solens Perigæum, til det, hvor den har størst Afstand, Solens Apogæum, negativ, naar den gaaer fra Apogæum til Perigæum. I disse selv er den 0; dens Maximum er $1^\circ\,55'\,27'',6$, men denne Størrelse aftager aarlig ved $0'',177$. Perigæum og Apogæum bevæges aarlig fra Vest til Øst $11'',25$, den tropiske Bevægelse i samme Retning er altsaa $61'',25$. Perigæums Længde 1ste Januar 1800 0^h Pariser Middeltid var $279^\circ\,30'\,28'',6$.

Den Tid, som forløber imellem to paa hinanden følgende Culminationer af Solen i den samme Deel af Meridianen, den sande Soldag, er variabel, deels formedelst Uligheden i selve Solens Bevægelse, deels fordi ligestore Forflyttelser paa Ecliptica ikke svare til ligestore Forflyttelser paa Æqvator (nemlig $\operatorname{tg} AR = \cos\varepsilon \operatorname{tg}\lambda$*)). Den sande

*) $AR = \text{arc}\,(\operatorname{tg} = \cos\varepsilon \operatorname{tg}\lambda)$, $\dfrac{d\,.\,AR}{d\lambda} = \dfrac{\cos\varepsilon}{1 - \sin^2\varepsilon\,\sin^2\lambda}$, $\dfrac{d^2\,.\,AR}{d\lambda^2} = \dfrac{\sin^2\varepsilon\,\cos\varepsilon\,\sin 2\lambda}{(1 - \sin^2\varepsilon\,\sin^2\lambda)^2}$, som er 0 i Æqvinoctial- og

Soldags Maximum (Enden af Decbr.) er $24^h\,0^m\,30^s,0$ og dens Minimum (Midten af Septbr.) er $23^h\,59^m\,39^s,0$.

En fingeret Sol, Middelsolen, tænkes eensformigen at gjennemløbe Æqvator fra *0*♈ mod Øst indtil den atter kommer til *0*♈, og med en saadan Hastighed, at dette Omløb fuldføres samtidigen med den sande Sols tropiske Omløb i Ecliptica, men saaledes at dens Afstand fra *0*♈ altid er liig Solens Middellængde. Den Tid, som forløber imellem to paa hinanden følgende Culminationer af Middelsolen i den samme Deel af Meridianen, Middelsoldagen, er constant og sættes liig 24 Timer.

Efter den astronomiske Talebrug regnes Dagen at begynde, naar den valgte Tidsmaaler f. Ex. Middelsolen gaaer igjennem den øvre eller synlige Deel af Meridianen, og Astronomerne regne dernæst Dagens Timer fra 0^h til 24^h, da Tidsmaaleren atter kommer i den samme Deel af Meridianen, hvorimod man i det daglige Liv regner Dagens Begyndelse fra Culminationen i den nedre Deel af Meridianen og deler Dagen i 12 Formiddagstimer og 12 Eftermiddagstimer. Det vil altsaa stedse være let at forandre Klokkeslettets Angivelse efter astronomisk Talebrug til den tilsvarende efter daglig Talebrug, og omvendt. F. Ex. hvad der i daglig Talebrug hedder 15de Septbr. Kl. 10 Formiddag kalde Astronomerne 14de Septbr. Kl. 22. Astronomerne betjene sig af tre forskjellige Tidsmaalinger: sand Soltid, Middelsoltid, Stjernetid, saa at Klokkeslettene i enhver af disse Tider rette sig efter respective den sande Sols, Middelsolens og Nulpunktet af Vædderens Timevinkler. Idet baade den sande Soldag, Middelsoldagen og Stjernedagen deles i 24 Timer, vil

Solstitialpunkterne ($\lambda=0$, $\lambda=\frac{\pi}{2}$, $\lambda=\pi$, $\lambda=\frac{3\pi}{2}$, $\lambda=2\pi$), saa at alene i disse Punkter vil en eensformig Bevægelse i Ecliptica [λ proportional med Tiden] give en eensformig i Æqvator.

Længden af en Time i sand Soltid være foranderlig tilligemed selve Soldagens Længde, hvorimod en Time i Middelsoltid og en i Stjernetid ere constante, men den første overstiger den sidste formedelst Middelsoldagens Overskud over Stjernedagen, hvilket udgjør i Middelsoltid (§ 1) $\frac{3^m\,55^s,91}{24} = 9^s,83$.

Forskjellen imellem Klokkeslettet i sand Soltid og Middelsoltid kaldes Tidsæqvationen og findes før hver Dag i Aaret i de astronomiske Ephemerider. Denne Størrelse tjener til at forandre det ene af disse Klokkeslet til det andet (nemlig Middelsoltid plus Tidsæqvation er liig sand Soltid). Den er *0* fire Gange om Aaret: 14 April, 14de Juni, 31te August, 23de Decbr. (eller den næstforegaaende eller næstfølgende Dag). Fra 14de April til 14de Juni gaaer sand Tid foran Middeltiden, eller Tidsæqvationen er da positiv, og dens Maximum $3^m\,55^s$ falder i Midten af Mai; fra 14de Juni til 31te August er den negativ og dens Maximum $6^m\,9^s$ falder i Enden af Juli; fra 31te August til 23de Decbr. er den positiv og dens Maximum $16^m\,16^s$ falder i Begyndelsen af Novbr.; fra 23de Decbr. til 14de April er den negativ og dens Maximum $14^m\,34^s$ falder i Midten af Februar.

I Foraarsjevndøgn er sand Tid liig Stjernetid; men Forskjellen imellem disse to Tider (liig Solens Rectascension ifølge (5)) er i Aarets Løb bestandigen voxende: i Efteraarsjevndøgn er den liig 12^h, i næste Foraarsjevndøgn er den 24^h eller igjen liig *0*. Stjernetiden kan iøvrigt hvert Øieblik med Lethed bestemmes ved Hjælp af den Slags Uhre, som ere stillede og regulerede efter Stjernetid, som altsaa angive 24^h eller 0^h hvergang *0*♈ er i sin övre Culmination.

Anm. I den lille danske Almanak findes angivet Tidsæqvationen i hele Minuter (nemlig Klokkeslettet i Middeltid for den sande Sols Culmination d. e. for det Øieblik, naar man efter sand Soltid og i daglig Talebrug regner

Klokkeslettet liig 12). For hver Onsdag findes Klokkeslettet i Middeltid for Solens Opgang og Nedgang f. Ex.

1841 22de Decbr. Sol op $8^h\ 31^m$, (Tidsæqv. 1^m), sand Soltid: $8^h\ 32^m$,

29de Decbr. Sol op $8^h\ 32^m$, (Tidsæqv. — 2^m), sand Soltid: $8^h\ 30^m$.

I Middeltid kan altsaa Solens Opgang falde en Minut sildigere fra 22de til 29de Decbr., endskjøndt Dagene efter Vintersolhvervet 21de Decbr. voxe i Længde. (Nedgangen i Middeltid de samme Dage er $3^h\ 27^m$ og $3^h\ 32^m$, saa at Dagens Længde i disse otte Dage er voxet 4^m).

II. Theorisk Astronomie.

§ 14.

Jordens daglige Rotation.

Da Jordkloden ligesaa vel som Solen, Maanen og Planeterne er et i Verdensrummet fritsvævende Legeme, som baade i Henseende til Størrelse og Figur er at henregne til den samme Classe som disse, er man aabenbart berettiget til at betragte dette Legeme som b e v æ g e l i g t. For den umiddelbare Sandsning vil imidlertid Jordklodens Bevægelse nødvendigen være umærkelig (forsaavidt den ikke foregaaer ved pludselige Stød, men jevnt og continuerligen), efterdi vi selv deeltage i denne Bevægelse tilligemed alle de os omgivende Gjenstande paa Jorden. Spørgsmaalet kan altsaa kun være, hvorvidt de tilsyneladende Bevægelsesphænomener paa Himmelen ere at ansee som virkelige, eller hvorvidt de derimod med større Rimelighed forklares

derved, at disse Bevægelser ikke selv finde Sted, men Iagttagerens Standpunkt paa Jordens Overflade flytter sig i Verdensrummet, idet hele Jordkloden er i Bevægelse.

Saaledes er Himmelhvælvingens daglige Rotation fra Øst til Vest om Verdensaxen et tilsyneladende Phænomen, som man ikke behøver at antage for virkeligt, eftersom det ogsaa kan forklares ved at antage, at denne Rotation ikke selv finder Sted, men at Jorden med jevn Bevægelse bestandig omdreies fra Vest til Øst om Jordens Axe, som forlænget paa begge Sider gjennem Jordens Poler træffer Himmelens Nordpol og Sydpol, saaledes at en heel Omdreining af Jorden netop fuldføres i en Tid liig Stjernedagens Længde.

Den anden Forklaring maa antages at være den rigtige; thi det er rimeligere at tillægge det ene Legeme, Jorden, en Rotationsbevægelse som den anførte, end at tillægge den utallige Mængde af Stjerner et dagligt Omlöb om Jorden. Isærdeleshed bliver dette sidste aldeles urimeligt, naar man betænker, deels at de forskjellige Stjerners Afstande fra Jorden ere meget forskjellige, deels at Fixstjernernes Afstande ere umaadelig store i Sammenligning med Jordens Radius (§ 9), deels endelig at Fixstjernernes Størrelse efter al Rimelighed er mange Gange større end Solens, og dette Legeme, som foruden [at have] sin egen Bevægelse deeltager med i Himmelens daglige Rotation, er allerede over en Million Gange saa stor som Jorden (§ 10) (deels ogsaa, at Omdreiningen skeer om en til begge Sider forlænget Jordaxe). [Medens saaledes et Punkt under Jordens Æqvator bevæger sig 1500 Fod i hvert Secund, under Forudsætning af Jordens Rotation, saa vilde Hastigheden af den Omdreining, som Solen, Planeterne og Fixstjernerne maatte gjøre om Jorden, hvis denne var ubevægelig, voxe til ganske anderledes betydelige Størrelser, idet Solens Hastighed vilde blive 23000 Gange saa stor, Jupiters igjen 5 Gange Solens, Saturns 10 Gange Solens, og endelig

Hastigheden, hvormed den os nærmeste Fixstjerne, α i Stjernebilledet Centauren, vilde rotere, blev over 300 Millioner Mile i hvert Secund*)].

Hertil kan endnu føies: 1) at den antagne Rotationsbevægelse er aldeles analog med de lignende Rotationsbevægelser af Planeterne, som ved Hjælp af Kikkerterne umiddelbart iagttages formedelst de forskjellige mørkere og lysere Punkter og Striber, som vise sig paa Planeternes Overflade, sete i Kikkerterne; 2) at man ifølge Principerne i Mechaniken ved Anvendelse af [navnlig] den høiere Mathematik kan af Jordrotationen tilfredsstillende forklare følgende mærkelige Phænomener: a) Jordens ellipsoïdiske Figur, som kan antages at have dannet sig derved, at Jorden i en tidligere Periode har været en flydende Masse, og at den Centrifugalkraft, som skyldes Omdreiningen, har bragt de under Æqvator beliggende Dele til at fjerne sig fra Axen; b) Tyngdekraftens Foranderlighed paa Jordens Overflade, idet denne Kraft aftager, jo mere man nærmer sig Æqvator, og voxer, jo mere man nærmer sig til Polerne; c) den østlige Afvigelse, som man har bemærket ved det frie Fald fra meget store Høider; d) Foucaults Pendulforsøg. [Dette er første Gang meddeelt Videnskabernes Akademie i Paris den 3die Februar 1851 og viser, at et langt Pendul, bestaaende af en fiin Snor, hvori der hænger en Kugle, forsynet med en Spids forneden, naar det sættes i Bevægelse blot ved sin egen Vægt uden Stød, ikke stedse svinger i det samme verticale Plan, hvori Bevægelsen er begyndt, men efterhaanden dreier ud i nye Svingningsplaner; f. Ex. et *64*^{m} (c. *204'*) langt Pendul i Paris forandrede sit Svingningsplan saaledes, at det i omtr. *31*^{h} *53*^{m} vilde gjøre en heel Omdreining om Verticalen til sin Udgangsstilling. Dette forklares kun ved at antage Jorden roterende. Naar et Pendul svinger, vil det nemlig ikke bringes til at forandre sit Svingningsplans Stilling, fordi dets Ophængningspunkt bevæger sig, hvorom man kan overbevise sig ved Forsög. Hvorledes end Pendulets Ophængningspunkt flytter sig med Jorden eller de Gjenstande derpaa, til hvilke det er befæstet, saa kommer Svingningsplanet stedse til at indtage Stillinger i Verdensrummet, der ere indbyrdes parallele. Derimod viser Foucaults Forsøg, at dette Svingningsplan kommer i forskjellige Stillinger med Hensyn til de i Horizontens Plan dragne Linier, navnlig Middagslinien. Denne Forandring i den gjensidige Stilling af Middagslinien og Pendulets Svingningsplan maa altsaa hidrøre fra den første Dreining, da det sidste stedse er parallelt med sin første Stilling; Middagslinien med samt Horizontens Plan og det verticale Plan maa altsaa dreie sig i Verdensrummet, eller Jorden roterer. Tænkte man sig Pendulet ophængt i et Punkt af Jordaxens Forlængelse og svingende i en bestemt Retning, saa vilde en Iagttager i Nærheden, som deltager i Jordens Rotation, efterhaanden komme i forskjellig Stilling til Svingningsplanet, og han vilde modtage det Indtryk, at Svingningsplanet dreier sig; ved Nordpol og Sydpol vilde disse Dreininger skee i modsatte Retninger, respective mod Vest og Øst. Er Pendulet derimod ophængt under Æqvator, vil dets Svingningsplan stedse skære Middagslinien under samme Vinkel, idet de forskjellige Stillinger af Middagslinien blive indbyrdes parallele ligesom de forskjellige Stillinger af Svingningsplanet, saa at Iagttageren ikke vil mærke nogen Forandring. Hvad endelig angaaer et Punkt *N* (Fig. 30) paa Jorden imellem Æqvator og Polerne, saa vil dets Rotation om Jordaxen, da Læren om Kræfters Opløsning ogsaa kan anvendes paa omdreiende Bevægelser, kunne betragtes som Resultant af to Rotationer, den ene om en Axe *MM'* gaaende igjennem de Punkter af Stedets Meridian, der ligge *90*° fra Stedet, den anden om

[*) Jvfr. Arago Astron. populaire livre XX chap. IV t. III p. 20 og 21.]

en derpaa lodret Axe NN' igjennem Stedet; af disse vil den første være virkningsløs med Hensyn til den tilsyneladende Forandring af Svingningsplanet (ligesom ved Æqvator), medens den sidste derimod viser hele den Dreining, Svingningsplanet tilsyneladende gjør (ligesom ved Polerne). Betragtes Rotationen om Jordens Axe PP' som Eenhed og afsættes fra Centret paa Axen liig Cp, saa vil dennes Composanter Cm og Cn fremstille Størrelsen af de to ovennævnte Rotationer, og idet $\angle NCA = p$, $Cn = Cp \sin p$, forholde de to Rotationer om PP' og NN' eller Svingningsplanets tilsyneladende Rotationer ved Polen og i N sig som

$$Cp : Cn = 1 : \sin p.$$

Men i samme Grad Omdreiningen bliver langsommere voxer Omdreiningstiden, saa at, medens Pendulet ved Polerne vil synes at gjøre en Omdreining i 24^h, vil det i Stedet N gjøre den i $\frac{24^h}{\sin p}$. Da p ikke er andet end Polhøiden, er den Tid, hvori Pendulet fuldender en heel Omdreining omvendt proportional med sinus af Polhøiden.

Med Hensyn til et andet physisk Beviis for Jordens Rotation ved Hjælp af Foucaults Gyroskop henvises for Ex. til Arago Astr. popul. liv. XX chap. VI tome III pag. 50.

Et andet Beviis paa Jordens Rotation faaes ved at sammenholde Resultaterne af virkelige Iagttagelser paa Himmelen med hvad der vilde være Tilfældet, naar Stjernerne roterede om Jorden, og erindre, at den Hastighed, hvormed de udsende deres Lys, ikke er uendelig stor. Saasnart nemlig en Stjerne dreiede sig om Jorden, saa vilde det Lys, som udgik derfra, inden Stjernen kom op over en Iagttagers Horizont, ikke opfanges af denne, og det Lys, som udgaaer derfra, efterat den er staaet op, vilde først noget senere naae Iagttageren, saa at han saae Stjernen staae op, først efterat dens Opgang virkeligen havde fundet Sted, og det desto længere efter, jo fjernere den er. To Stjerner, som derfor staae op paa samme Tid og næsten i samme Punkt af Horizonten, kunde derfor vise sig for Iagttageren efter en lang Mellemtid. Det samme blev Tilfældet med to Stjerner, som næsten ligge i samme Radius til Himmelkuglen, men i ulige store Afstande, at den ene viste sig senere end den anden paa omtrent samme Sted, og inden den ene var bleven synlig paa et Sted, havde den anden allerede kunnet vise sig et andet Sted i en større Vinkelafstand derfra, end den virkelig har. Betragtes nu Dobbeltstjerner, der rotere om hinanden og saaledes snart kunne være omtrent i samme Afstand fra Jorden, snart i meget forskjellige Afstande, saa maatte disse snart sees omtrent paa samme Sted paa Himmelen, snart derimod i en meget forskjellig Vinkelafstand; saaledes, hvis den ene Stjerne stedse havde den samme Afstand fra den anden, som Jorden fra Solen, vilde Vinkelafstanden kunne stige til $8'$, hvilket langt overskrider hvad der virkeligen viser sig. Denne Uovereensstemmelse med Iagttagelserne hæves derimod ved at antage Jorden roterende, saasom derved Lysstraalerne, der engang ere udsendte af Stjernerne, blive opfangede af Iagttageren, saasnart Stjernerne ere komne over hans Horizont.*)]

§ 15.

Jordens aarlige Omløb om Solen.

Solens aarlige Bevægelse i Ecliptica fra Vest til Øst kan forklares enten som et virkeligt eller som et blot tilsyneladende Phænomen. Solens og Jordens Centrer maae begge antages beliggende i Eclipticas Plan, og medens det ene af Punkterne tænkes fast og ubevægeligt, maa det andet antages aarligen at omløbe det i Retningen fra Vest til Øst

[*) Jvfr. Arago Astron. popul. liv. XX chap. VI t. III. p. 35.]

i en Bane beliggende i Eclipticas Plan, saaledes at Bevægelsens Hastighed tilligemed Afstanden fra det faste Punkt ere i Aarets Løb de forhen (§ 13) omtalte smaa Forandringer underkastede. Enten maa det nu være Jordens Centrum, der er det faste og Solens Centrum det bevægelige Punkt, eller omvendt; men det tilsyneladende Phænomen er i begge Tilfælde det samme. Enten er Jorden stillestaaende i T (Fig. 31), medens Solen aarlig gjennemløber sin Bane $SS'S''S'''$, idet S, S', S'', S''' ere de Steder i Banen, hvor den seet fra Jorden synes at være i eet af de fire Hovedpunkter i Ecliptica, Nulpunkterne af Vædderen, Krebsen, Vægten, Steenbukken, eller ogsaa er Solen faststaaende i S (Fig. 32), medens Jorden omløber den i sin aarlige Bane $TT'T''T'''$, idet T, T', T'', T''' ere de Steder i denne Bane, fra hvilke Solen vil være at see i de samme fire Hovedpunkter af Ecliptica. I begge Tilfælde maa altsaa Solen synes aarligen at gjennemløbe hele Omkredsen af Ecliptica. Men den anden Forklaring viser sig strax som den antageligste, naar man overveier den uhyre Forskjel, der er mellem Jordens og Solens sande Størrelser (§ 10); thi det er rimeligere, at det Legeme, som er omtrent 1400000 Gange større end et andet Legeme, er selv i Hvile, medens det andet bevæger sig der omkring, end omvendt. Fremdeles har denne Forklaring faaet en mærkelig Stadfæstelse derved, at de forskjellige Planeters tilsyneladende meget complicerede Bevægelser alle reducere sig til de samme simple Love, hvis det er Solen, der er det faste Punkt. Hertil kan endnu føies, at et særeget Phænomen ved Lyset, som Himmellegemerne sende til os, Lysets Aberration, fuldstændigen og tilfredsstillende forklares ved at antage Jordens Bevægelse, saaledes at ethvert synligt Himmellegeme kan tjene som et selvstændigt Vidnesbyrd i denne Henseende. [Det bestaaer nemlig i en tilsyneladende elliptisk Bevægelse af Stjernen omkring sit sande Sted paa Himmelen. Astronomen Bradley (1692—1762) søgte en

saadan for derved at erholde et Beviis for Jordens Omløb om Solen. Var nemlig Jordbanens Diameter ikke forsvindende i Sammenligning med Fixstjernernes Afstande (jvfr. § 16), saa maatte den Omstændighed, at Stjernen S (Fig. 33) fra to diametralt modsatte Stillinger T og T' af Jorden i sin Bane sees i forskjellige Retninger TS og $T'S$, bevirke, at Stjernen syntes at beskrive en Bane omkring sit virkelige Sted igjennem s og s', som faaes ved fra S at uddrage Linier Ss og Ss' i modsat Retning af TO og $T'O$ (naar O er Solen eller Jordbanens Centrum) eller fra O at drage Linier Os og Os' parallele med TS og $T'S$. Bradley fandt virkelig en saadan Bevægelse, men ikke i Overeensstemmelse med Theorien. Naar nemlig Stjernen skulde være i s, var den i s_0, og naar den skulde være i s', var den i s_0'; den indtraadte stedse tre Maaneder senere i de forskjellige Stillinger end han havde gjort Regning paa. Forklaringen af dette Phænomen gav han i 1728. Antages Jordbanens Diameter forsvindende i Sammenligning med Fixstjernernes Afstande, vilde Jordens Omløb om Solen ikke bevirke et saadant Phænomen. Der kræves altsaa i ethvert Tilfælde en anden Forklaring deraf, og den beroer paa, at Jordens Hastighed i sin Bane ikke er forsvindende i Sammenligning med Lysets; denne er omtrent 10000 Gange saa stor. Tænker man sig nu en Lysstraale ankommende til T eller T' med en vis Hastighed, idet Jorden bevæger sig med en anden Hastighed, saa vil Diagonalen af det Parallelogram, der dannes af Jordens Hastighed og Lysets taget i modsat Retning*), bestemme den Retning, hvori Iagttageren paa

[*) Ligeledes, naar et seilende Skib ABC (Fig. 34) rammes af en Kanonkugle i D, saa vil Skibet være kommet til Stillingen $A'B'C'$ og D til D', naar Kuglen træder ud deraf paa den modsatte Side i E, saa at det for den, der bevæger sig med Skibet seer ud som om Kuglen gik i Retningen $F'D'E$, medens dens sande Vei har været FDE. Den til-

Jorden modtager Lysstraalen, og ved at forlænge Diagonalen til Ts_0 eller $T's_0'$ bestemmes den Retning, hvori Stjernen søges paa Himmelen, og dermed Punkterne s_0 og s_0' af den Bane, den synes at beskrive. Paa Grund heraf saaes Stjernen i s_0 paa den Tid, da Jorden befandt sig i T, medens den, hvis Phænomenet hidrørte alene fra Jordens Omløb og ikke tillige fra Lysets Hastighed, maatte have viist sig i s_0 tre Maaneder tidligere, da Jorden var i T''. Phænomenet anskueliggjøres ogsaa paa den Maade, at man tænker sig Jorden stillestaaende og dens Hastighed i modsat Retning tillagt Lyset i Forbindelse med dettes egen. Derved fremkomme i Figuren Parallelogrammer under $TT''T'$ med deres Diagonaler i Forlængelsen af $T's_0'$ og Ts_0. Beregnes Ss_0 i Buemaal eller $< STs_0$ deraf, at Ss_0 forholder sig til ST som Jordens Hastighed til Lysets, faaes $20'',25$. En Stjerne i Eclipticas Pol vil derfor beskrive en Cirkel med en Radius af denne Størrelse. Hvis Stjernen derimod befinder sig paa et andet Punkt af Himmelen, saa vil den Cirkel, der skulde vise sig i et med Ecliptica parallelt Plan, blive seet i en skraa Retning OC (Fig. 35) og derfor vise sig som en Ellipse. Den paa Synslinien lodrette Radius AC vil blive $20'',25$, medens BC, som atter er lodret paa AC, vil sees under Vinklen DOC ligesom DC; derfor vil Ellipsens lille Halvaxe sees med Størrelsen $DC = BC \cos BCD = BC \sin BCO$. Men heri er $BC = AC = 20'',25$, $< BCO = < COT =$ Stjernens Brede β, saa at Ellipsens lille Halvaxe bliver $20'',25 \sin \beta$. Disse Resultater stemme ogsaa med Iagttagelserne.]

Anm. Ideen om Jordens dobbelte Bevægelse, den daglige Rotation om Axen og det aarlige Omløb om Solen, var vel ikke ubekjendt i Oldtiden (Philolaus 450 f. Chr., Aristarch 246 f. Chr.), men er dog først bleven nøiere

---

syneladende Vei $D'E$ er netop Diagonalen af Skibets Hastighed EG og Kuglens ED, denne tagen i modsat Retning.]

oplyst og udviklet af Copernicus (født i Thorn 1472), og er efter ham med Rette kaldt det Copernicanske System.

§ 16.

Heliocentrisk Bestemmelse af en Stjernes Sted.

Den Forandring i en Stjernes tilsyneladende Sted paa Himmelen, som frembringes derved at Iagttageren tænker sig forflyttet fra Jordens til Solens Centrum, kaldes den aarlige Parallaxis, og selve Bestemmelsen af Stedet, eftersom Iagttagelsen skeer fra Jordens eller Solens Centrum, kaldes den første den geocentriske og den anden den heliocentriske Bestemmelse. Overgangen fra den første til den anden med Hensyn til Ecliptica som det faste Plan skeer saaledes. S og T (Fig. 36) være Solens og Jordens Centrer, hvorfra de med hinanden parallele Linier $S\gamma'$, $T\gamma$ ere dragne til det uendeligen bortfjernede Punkt 0γ paa Himmelen. Fra Stjernen Σ nedfældes ΣP perpendiculair paa Eclipticas Plan, og man drager Linierne PT og PS samt forlænger γT til A i Linien PS. De geocentriske Bestemmelser for Σ og S, som kunne antages givne, ere:

for:	Σ,	S,
geocentrisk Brede:	$< \Sigma TP = \beta$,	0,
geocentrisk Længde:	$< PT\gamma = \lambda$,	$PT\gamma + STP = \lambda + \alpha$,
Afstanden fra Jordens Centr.:	$\Sigma T = \varrho$,	$ST = s$.

Herved ere tillige de heliocentriske Bestemmelser for Jorden givne: Breden $= 0$, Længden $\lambda_1 = < TS\gamma' = < STA = \lambda + \alpha - 180^0$, som er Solens geocentriske Længde minus 180^0, Afstanden $TS = s$. Dernæst skulle søges de heliocentriske Bestemmelser for Σ: heliocentrisk Brede $< \Sigma SP = \beta'$, heliocentrisk Længde $< PS\gamma' = \lambda'$, Afstanden fra Solens Centrum $\Sigma S = \varrho'$, hvilke Størrelser skulle udtrykkes ved de givne: β, λ, ϱ, α, s.

Man har i $\triangle\, \Sigma PT$:

$$\Sigma P = \varrho \sin\beta, \quad PT = \varrho\cos\beta,$$

i $\triangle\, PST$:

$$PS = \sqrt{s^2 + \varrho^2\cos^2\beta - 2s\varrho\cos\beta\cos\alpha},$$

$$\operatorname{tg} PST = \frac{\varrho\cos\beta\sin\alpha}{s - \varrho\cos\beta\cos\alpha},$$

hvorved findes:

$$\lambda' = \angle PST + \lambda + \alpha - 180^0,$$

$$\operatorname{tg}\beta' = \frac{\Sigma P}{PS} = \frac{\varrho\sin\beta}{\sqrt{s^2+\varrho^2\cos^2\beta - 2s\varrho\cos\beta\cos\alpha}},$$

$$\varrho' = \sqrt{\overline{\Sigma P}^2 + \overline{PS}^2} = \sqrt{s^2+\varrho^2 - 2s\varrho\cos\beta\cos\alpha}$$

og tillige

$$\varrho' = \frac{\varrho\sin\beta}{\sin\beta'}.$$

Ligesaa vil man af de heliocentriske Bestemmelser for Σ og T som givne kunne finde de geocentriske Bestemmelser for Σ. I dette Tilfælde ere $\angle \Sigma SP = \beta'$, $\angle PS\Upsilon' = \lambda'$, $\angle TS\Upsilon' = \lambda_1$ (Jordens heliocentriske Længde), $\Sigma S = \varrho'$, $ST = s$ bekjendte, hvoraf β, λ og ϱ skulle findes. Man har i $\triangle\, \Sigma PS$:

$$\Sigma P = \varrho'\sin\beta', \quad PS = \varrho'\cos\beta',$$

i $\triangle\, PST$:

$$PT = \sqrt{s^2+\varrho'^2\cos^2\beta' - 2s\varrho'\cos\beta'\cos(\lambda'-\lambda_1)},$$

$$\operatorname{tg} STP = \frac{\varrho'\cos\beta'\sin(\lambda'-\lambda_1)}{s-\varrho'\cos\beta'\cos(\lambda'-\lambda_1)}, \quad \angle STP = \alpha,$$

hvorved findes:

$$\lambda = 180^0 + \lambda_1 - \alpha,$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\Sigma P}{PT} = \frac{\varrho'\sin\beta'}{\sqrt{s^2+\varrho'^2\cos^2\beta' - 2s\varrho'\cos\beta'\cos(\lambda'-\lambda_1)}},$$

$$\varrho = \sqrt{\overline{\Sigma P}^2 + \overline{PT}^2} = \sqrt{s^2+\varrho'^2 - 2s\varrho'\cos\beta'\cos(\lambda'-\lambda_1)}$$

og tillige

$$\varrho = \frac{\varrho'\sin\beta'}{\sin\beta}.$$

For Fixstjernerne er Størrelsen ϱ at ansee for uendelig stor (§ 9), hvorved, som Formlerne vise, de heliocentriske og geocentriske Bestemmelser falde sammen, d. e. Fixstjernerne have ingen aarlig Parallaxe [jvfr. § 15]. Det samme følger ogsaa umiddelbart af Iagttagelserne, ved nemlig at bestemme for en Fixstjerne Σ dens geocentriske Brede, naar Jorden er i T og T' (Fig. 37), de to modstaaende Punkter i Jordens aarlige Bane, som ligge i samme Bredecirkel som Stjernen, hvor altsaa Jordens heliocentriske Længder ere λ og $\lambda + 180^0$, idet λ er Stjernens heliocentriske Længde, eller hvor Solens geocentriske Længder ere $\lambda + 180^0$ og λ. Man finder i begge Tilfælde for Σ ganske samme geocentriske Brede, d. e. $\angle \Sigma TP = \angle \Sigma T'P$, hvilket viser, at Jordens Afstand til enhver Fixstjerne er at ansee som uendelig i Sammenligning med hele Gjennemsnittet af Jordbanen, som omtrent udgjør (§ 9) 47968 Jordradier. Da imidlertid formedelst Unøiagtigheder i Iagttagelserne de geocentriske Breder i T og T' kunne afvige fra hinanden et Par Secunder, kunde den sande Værdie af Vinklen $T\Sigma T'$ mulig være $= 2''$, skjøndt den rimeligen er meget mindre. Dette vilde allerede for en Stjerne i Nærheden af Eclipticas Pol, hvor Forskjellen maatte være meest kjendelig, give en Afstand fra Jorden $= \frac{TT'}{2\sin 1''}$, som overstiger 100000 Gange Jordbanens Gjennemsnit eller udgjør omtrent 5000 Millioner Jordradier. Fixstjernernes Afstande fra Jorden kunne altsaa med Sikkerhed antages ikke at være under denne Størrelse. — Er den geocentriske Brede i T liig β og den aarlige Parallaxe x, er Afstanden $T'\Sigma = \frac{TT'}{\sin x} \sin \beta$. [Er den aarlige Parallaxe $1''$, vil Stjernen være omtrent 206265 Jordbaneradier fjernet fra Jorden eller Jordbanen ligesaa langt fra Stjernen, idet man af hele Peripherien udtrykt i $1296000''$ kan beregne Radien i Cirklen ligeledes udtrykt i Secunder, nemlig

$$r = \frac{1296000}{2\pi} = 206265'',$$

hvoraf altsaa følger, at enhver Gjenstand, hvis synlige Diameter er $1''$, vil være 206265 Gange sin virkelige Diameter fjernet fra Iagttageren. Nu har man ved finere Iagttagelser af nogle Stjerner i den nyere Tid fundet en aarlig Parallaxe, navnlig ved sammenlignende Iagttagelser af flere Stjerner. Ved nu at betragte Afstandene som omvendt proportionale med de fundne meget smaa Parallaxer, kan man med tilstrækkelig Nøiagtighed beregne Afstandene til saadanne Stjerner, hvilke ere angivne i nedenstaaende Tavle. Heri er tillige vedføiet, hvor lang Tid Lyset bruger for at komme fra Stjernen til Jorden.

Stjernen.	Observator.		Parallaxe.	Afstand i Jordbanerad.	Aar til Lysets Forplantn.
α i Centauren	Henderson, Maclear	1832—39	0″,91	226400	3,622
61 i Svanen.	Bessel	1837—40	0″,35	589300	9,429
α i Lyren...	Struve	1835—38	0″,26	785600	12,570
Sirius	Henderson, Maclear	1832—37	0″,15	1373000	21,968
ι i den store Bjørn	Peters	1842—43	0″,133	1550900	24,800
Arcturus	Peters	1842—43	0″,127	1624000	25,984
Polarstjernen.	Peters	1842—43	0″,106	1946000	31,136
Capella ..... (Gjeden)	Peters	1842—43	0″,046	4484000	71,744

Jvfr. Arago Astron. popul. liv. IX ch. XXXII t. I p. 432 ff.]

§ 17.

Solsystemet.

Ved for Planeterne at søge de heliocentriske Bestemmelser svarende til forskjellige successive Tidsmomenter, finder man, at Afstandene fra Solen kun ere smaa Forandringer underkastede, saa at enhver Planet har en vis constant Middelafstand, som er arithmetisk Mellemproportional mellem Periheliums og Apheliums Afstande; fremdeles finder man, at den heliocentriske Længde for enhver af dem er bestandigen voxende, saa at de bestandigen bevæge sig om Solen i Retningen fra Vest til Øst; endelig at Breden, som omtrent i den halve Deel af Omløbet er positiv, i den anden halve Deel negativ, beløber sig i det høieste kun til nogle faa Grader, med Undtagelse af [nogle af de smaa Planeter, hvoriblandt navnlig udhæves] Planeten Pallas, hvis største Brede er omtrent $34\frac{1}{2}$ Grad, [Euphrosyne ㉛ med næsten 27^0 Brede, Phocæa ㉕ med næsten 22^0, og endnu nogle af de i den nyeste Tid opdagede, medens den ellers iblandt de ældre Planeter] er størst for Juno, nemlig omtrent 13^0.

Ved Undersøgelse af den store Mængde Planetiagttagelser af Tycho Brahe (født i Skaane 1546) er det lykkedes den berømte Astronom Kepler (født ved Weil i Würtemberg 1571) at opdage de sande Love, de saakaldte Keplerske Love, for de dengang bekjendte Planeter, Mercur [betegnes ☿], Venus [♀], Jorden [♁], Mars [♂], Jupiter [♃], Saturnus [♄], hvilke Love ogsaa ere fundne at gjælde for de i den nyere Tid opdagede Planeter [, som findes opførte i nedenstaaende Tavle, nemlig]

Planetens Navn og Tegn.	Opdageren.	Stedet for Opdagelsen.	Opdagelsens Datum.
Uranus ♅	W. Herschel	[Bath]	13 Marts 1781.
Ceres [①*)]	Piazzi	Palermo	1 Jan. 1801.
Pallas [②]	Olbers	Bremen	28 Marts 1802.
Juno [③]	Harding	Gøttingen	1 Septbr. 1804.
Vesta [④]	Olbers	Bremen	29 Marts 1807.
[Astræa ⑤	Hencke	Driessen	8 Decbr. 1845.
Neptunus ♆	angivet af Leverrier fund. af Galle	Paris Berlin	23 Septbr. 1846.
Hebe ⑥	Hencke	Driessen	1 Juli 1847.
Iris ⑦	Hind	London	13 Aug. 1847.
Flora ⑧	Hind	London	18 Octbr. 1847.
Metis ⑨	Graham	Markree Castle	25 April 1848.
Hygæa ⑩	Gasparis	Neapel	14 April 1849.
Parthenope ⑪	Gasparis	Neapel	11 Mai 1850.
Victoria ⑫	Hind	London	13 Septbr. 1850.
Egeria ⑬	Gasparis	Neapel	2 Novbr. 1850.
Irene ⑭	Hind	London	19 Mai 1851.
Eunomia ⑮	Gasparis	Neapel	29 Juli 1851.
Psyche ⑯	Gasparis	Neapel	17 Marts 1852.
Thetis ⑰	Luther	Bülk vedDüsseldorf	17 April 1852.
Melpomene ⑱	Hind	London	24 Juni 1852.
Fortuna ⑲	Hind	London	22 Aug. 1852.
Massalia ⑳	Gasparis	Neapel	19 Septbr. 1852.
	Chacornac	Marseille	20 Septbr. 1852.
Lutetia ㉑	Goldschmidt	Paris	15 Novbr. 1852.

[*) Tidligere brugtes for Ceres, Pallas, Juno og Vesta andre Tegn af samme Art som for de større og ældre Planeter. men da Antallet af de smaa voxede stærkt, fandt man det beqvemmere at betegne dem med deres Nummer i Opdagelsernes Rækkefølge omgivet af en Cirkel.]

Planetens Navn og Tegn.	Opdageren.	Stedet for Opdagelsen.	Opdagelsens Datum.
Calliope ㉒	Hind	London	16 Novbr. 1852.
Thalia ㉓	Hind	London	15 Decbr. 1852.
Phocæa ㉔	Chacornac	Marseille	6 April 1853.
Themis ㉕	Gasparis	Neapel	6 April 1853.
Proserpina ㉖	Luther	Bülk	5 Mai 1853.
Euterpe ㉗	Hind	London	8 Novbr. 1853.
Bellona ㉘	Luther	Bülk	1 Marts 1854.
Amphitrite ㉙	Marth	London	1 Marts 1854.
Urania ㉚	Hind	London	22 Juli 1854.
Euphrosyne ㉛	Ferguson	Washington	1 Septbr. 1854.
Pomona ㉜	Goldschmidt	Paris	26 Octbr. 1854.
Polyhymnia ㉝	Chacornac	Paris	26 Octbr. 1854.
Circe ㉞	Chacornac	Paris	6 April 1855.
Leucothea ㉟	Luther	Bülk	20 April 1855.
Atalante ㊱	Goldschmidt	Paris	5 Octbr. 1855.
Fides ㊲	Luther	Bülk	5 Octbr. 1855.
Leda ㊳	Chacornac	Paris	12 Jan. 1856.
Lætitia ㊴	Chacornac	Paris	8 Febr. 1856.
Harmonia ㊵	Goldschmidt	Paris	31 Marts 1856.
Daphne ㊶	Goldschmidt	Paris	22 Mai 1856.
Isis ㊷	Pogson	Oxford	23 Mai 1856.
Ariadne ㊸	Pogson	Oxford	15 April 1857.
㊹	Goldschmidt	Paris	27 Mai 1857.]

De Keplerske Love.ere disse:

1) Radius Vector dragen fra Solens Centrum til Planetens Centrum beskriver om det første af disse Punkter Arealer proportionale med Tiden.

2) Banen, som Planeten beskriver, er en Ellipse, hvis ene Focus er i Solens Centrum.

3) For to hvilkesomhelst Planeter forholde de sideriske Omløbstiders Qvadrater sig som Cuberne af Middelafstandene.

Den tredie Lov er ikke nøiagtig, men maa ifølge physisk Astronomie modificeres derhen, at Omløbstidens Qvadrat skal multipliceres med Summen af Solens og Planetens Masser, saa at den anførte Lov dog kommer til at gjælde approximativt, efterdi Planeternes Masser ere overmaade smaa i Sammenligning med Solens Masse.

[I physisk Astronomie vises endvidere, hvorledes Newton (født 1642 i Woolsthorpe, død 1727) af de Keplerske Love har udledt de deri liggende Naturlove og saaledes dannet Grundlaget for Himmellegemernes Mechanik (mécanique céleste). Han fandt nemlig af den første Lov, at Planeterne paavirkes af en fra Solen udgaaende Tiltrækning, af den anden, at denne Tiltrækning maa være omvendt proportional med Afstandenes Qvadrater, og af den tredie, at Planeter med ligestore Masser og i ligestore Afstande fra Solen vilde tiltrækkes lige stærkt af denne, saa at det altsaa er den samme Kraft, hvormed Solen tiltrækker alle Planeter. Ved disse Love forklares de allerfleste Eiendommeligheder ved Planeternes, ja selv andre Himmellegemers Bevægelser.

Allerede Bradley opdagede saaledes foruden Aberrationen (§ 15) et mærkeligt Phænomén, der skyldes en Egenbevægelse af Jordens Axe. Denne viste sig for ham derved, at visse iagttagne Stjerner i $9\frac{1}{4}$ Aar nærmede sig Nordpolen og derpaa i $9\frac{1}{4}$ Aar fjernede sig derfra, og han sluttede deraf, at Jordens Axe maatte svinge om en Middelstilling i $18\frac{1}{2}$ Aar, hvorved dens Heldning til Jordbanens eller Eclipticas Plan bliver underkastet en periodisk Forandring. Rigtigheden heraf bekræftes netop ved mathematiske Undersogelser af Bevægelsen af et sphæroidisk Legeme som Jorden, der paa eengang udfører en Translations- og Rotationsbevægelse (en fremadskridende og en omdreiende Bevægelse) i Verdensrummet. Nøiagtigere forstaaes Phænomenet ved at tænke sig Linien $T\Pi$ (Fig. 38) lodret paa Eclipticas Plan i det Punkt, hvor Jorden til et

givet Øieblik befinder sig, og om denne construeret en Kegleflade med Toppunktet i T og den halve Toppunktsvinkel ΠTO = Eclipticas Skraahed. I 25868 Aar vil Jordaxens Middelstilling TO beskrive denne Kegle, hvorved bevirkes de aarlige Forandringer i Æqvinoctiums Præcession (§ 12); men i Virkeligheden bevæger Jordaxen sig dog ikke saaledes, at den efterhaanden indtager alle Stillinger som Sidelinier i Keglen, idet den desuden svinger om sin Middelstilling og i en Tid af $18\frac{1}{2}$ Aar beskriver en meget spids Kegle om TO som Axe og hvis Sidelinie gjennemløber en Ellipse MN. Fra denne Bevægelse hidrører det af Bradley opdagede Phænomen, som derfor kaldes Nutationen. I Virkelighed kommer ved denne sammensatte Bevægelse Jordaxen til efterhaanden i 25868 Aar at pege hen paa forskjellige Punkter af en Curve om Π af den i Fig. 39 antydede Form.

Ved at gaae ud fra, at den Newtonske Attractionslov er gjældende med Hensyn til de Dobbeltstjerner, som bevæge sig om hinanden, har man fundet Bestemmelser af disses Bevægelser, som ganske stemme med de gjorte Iagttagelser af virkelige Bevægelser. Derved maa det ansees for godtgjort, at den berømte Newtonske Lov virkelig er universel *).]

Ifølge de første to Keplerske Love kan man ved blot Beregning ifølge den høiere Mathematik bestemme for enhver af Planeterne til en hvilkensomhelst Tid dens heliocentriske Bestemmelser, naar man blot kjender de forskjellige Constanter, Planetens Elementer, som angive Figuren og Beliggenheden af dens elliptiske Bane saavelsom ogsaa Planetens Sted i Banen til en vis vilkaarligen udvalgt Tid. Er S (Fig. 40) Solens Centrum, ♈ Nulpunktet af Vædderen, $♈AL$ Ecliptica, $♈'AL'$ en Storcirkelbue paa Himmelkuglen hørende til Omkredsen af den Cirkel, som

[*) Arago Astron. popul. livre X chap. XIII t. I pag. 471.]

fremkommer ved Udvidelsen af Planetbanens Plan, og P det Sted paa Himmelen, hvor Planeten sees fra Solens Centrum, saa vedtager man at bestemme dette Sted ved Buen $\gamma' AP$, som regnes fra Vest til Øst, fra 0 til 360^0 og kaldes Planetens Længde i sin Bane, idet det faste Punkt γ' ligger ligesaa langt bag ved Skjæringspunktet A for Banens og Eclipticas Planer, som Punktet γ paa Ecliptica d. e. $\gamma' A = \gamma A$. Herved er dog forudsat, at A er det Skjæringspunkt hvor Planeten gaaer over fra sydlig til nordlig Brede, hvilket Punkt kaldes den opstigende Knude, ligesom det modstaaende Skjæringspunkt A', hvor Planeten gaaer over fra nordlig til sydlig Brede, kaldes den nedstigende Knude, og Linien ASA', Skjæringslinien for Planetbanens og Eclipticas Planer kaldes Knudelinien. Den sphæriske Vinkel $PAC = i$, de samme Planers Heldningsvinkel, kaldes Inclinationen og er ligestor med Planetens største positive eller negative Brede. Sættes den opstigende Knudes Længde $\gamma A = \omega$, Planetens heliocentriske Længde $= \lambda$, heliocentriske Brede $= \beta$, Længden i dens Bane $\gamma' AP = \Lambda$, haves

$$\operatorname{tg}(\lambda - \omega) = \operatorname{tg}(\Lambda - \omega)\cos i, \quad \sin\beta = \sin(\Lambda - \omega)\sin i,$$
$$\operatorname{tg}\beta = \sin(\lambda - \omega)\operatorname{tg} i,$$

saa at, naar Constanterne i og ω ere bekjendte, kan man af Planetens sande Længde i sin Bane udregne Planetens heliocentriske Bestemmelse. Alene for Jorden haves $i = 0$ og derved $\beta = 0$, $\lambda = \Lambda$.

Ved Planetbanens Elementer forstaaes nu følgende syv Størrelser:

1) Den opstigende Knudes Længde ω;

2) Inclinationen i;

3) Periheliets Længde i Banen, p;

4) Ellipsens halve store Axe eller Middelafstanden, a;

5) Ellipsens Excentricitet (Forholdet mellem Foci Afstand fra Centrerne og den halve store Axe), e;

6) den sideriske Omløbstid om Solen, T;

7) Epochen eller Planetens Længde i Banen til en given Tid, ε.

ω og i findes ifølge $\operatorname{tg}\beta = \sin(\lambda - \omega)\operatorname{tg} i$, naar man ved Hjælp af Iagttagelserne har til to forskjellige Tider bestemt Planetens heliocentriske Brede og Længde; eller ogsaa man bestemmer den heliocentriske Længde paa den Tid, hvor Breden $= 0$, thi da haves $\sin(\lambda - \omega) = 0$, altsaa $\omega = \lambda$ eller $\omega = \lambda - \pi$, eftersom Planeten er i sin opstigende eller nedstigende Knude. i kan findes ved at iagttage Planeten paa den Tid, hvor den har størst Brede, thi dens største heliocentriske Brede er $= i$.

Iagttages Planeten flittigen paa de Tider, hvor den er i Nærheden af Perihelium og Aphelium, vil man kunne bestemme dens heliocentriske Længde l for det Øieblik, da den er i Perihelium, og dens Periheliums og Apheliums Afstande fra Solen P og A, altsaa

$$\operatorname{tg}(l - \omega) = \operatorname{tg}(p - \omega)\cos i, \; P = a(1 - e), \;\; A = a(1 + e),$$

hvorved p, a og e bestemmes.

T findes ved blot at bemærke den Tid, som forløber fra det Øieblik, da Planeten har en vis heliocentrisk Længde, indtil den atter faaer samme heliocentriske Længde.

ε erholdes ved Iagttagelse af Planeten til den vilkaarligen udvalgte Tid.

Undersøger man til forskjellige Tider disse Elementer for den samme Planet, erfarer man, at de ikke alle ere aldeles constante, at nemlig a, T og ε alene ere uforandrede, men at ω, i, p og e ere visse langsomme Forandringer underkastede, de saakaldte Perturbationer, som først ved Hjælp af den physiske Astronomie og ved Anvendelse af den høiere Mathematik lade sig nærmere bestemme.

[De forskjellige Planeter tiltrække hinanden i Forhold til deres Masser, saavelsom i omvendt Forhold af Afstandenes Qvadrater, saa at deres Bevægelser ere langt mere sammensatte end Tilfældet vilde være, naar Solen var et Punkt, der tiltrak Planeter, som ogsaa vare Punkter, blot i omvendt Forhold til Afstandenes Qvadrater. Da imidlertid Solens Masse har saa langt overveiende Størrelse over alle Planeterne — sad Solens Centrum i Jordens, vilde ikke blot Jorden og dens Maane kunne ligge indenfor Solens Overflade, men Maanebanens Radius vilde endda kun være omtrent Halvdelen af Solens —, saa bliver ogsaa Solens Tiltrækning langt overveiende over alle Planeternes og Bevægelsesphænomenerne afvige ikke meget fra dem, der vilde følge blot af Solens Tiltrækning. De største Planeter indvirke stærkest paa hinanden og derfor vise Perturbationerne sig stærkest ved Jupiter og Saturn. Disse Perturbationer kunne stedse nøiagtigen beregnes, forsaavidt man kjender Størrelsen og Afstandene af alle de Masser, som indvirke paa Planeten. Det var netop den Omstændighed, at Uregelmæssighederne i Uranus's Bevægelser, undersøgte af Laplace, ikke kunde forklares alene af de bekjendte Planeters Paavirkning, der førte til Opdagelsen af Neptun, som i Henseende til Masse er den tredie største Planet. Saavel Bouvard som Bessel have formodet Tilværelsen af denne Planet, men uden at kunne bestemme den. Derimod har den franske Astronom Leverrier heldigen udført de Beregninger, ved hvilken denne Planets Sted paa Himmelen bestemtes saa nøie, at Galle i Berlin den 23de Septbr. 1846, samme Dag han modtog Efterretningen om Leverriers Resultat, kunde finde Planeten som en Stjerne af ottende Størrelse, neppe en Grad fra det af Beregningen angivne Sted. „Det er ikke muligt at finde et mere slaaende praktisk Beviis paa de nyere astronomiske Theoriers Rigtighed". Det maa tillige udhæves, at en Englænder Adams havde udført de samme Beregninger samtidigen med Leverrier, men denne bekjendtgjorde sit Resultat først. Det er senere beviist, at ældre Astronomer, f. Ex.

Lalande, have seet Planeten, men formedelst dens langsomme egne Bevægelse have holdt den for en Fixstjerne].

Følgende Tabel indeholder de vigtigste Resultater angaaende enhver af de nu bekjendte [otte store] Planeter.

	Middelafstand.		Siderisk Omløbst.	Excentricitet.	Sand Diameter.		Inclination.	Rotationstid.
	Jordens = 1.	Mill. Mile.			Jordens = 1.	geogr. Mile.		
☿ Mercur	0,387	8	88^d	0,206	0,391	671	7° 0′	$24^h\ 5^m$
♀ Venus	0,723	15	225^d	0,007	0,985	1694	3°23′	$23^h 21^m$
♁ Jorden	1,000	21*)	1^a	0,017	1,000	1718,8	0	$23^h 56^m$
♂ Mars	1,524	31½	$1^a 322^d$	0,093	0,519	892	1°51′	$24^h 37^m$
♃ Jupiter	5,203	107½	$11^a 315^d$	0,048	11,225	19294	1°19′	$9^h 55^m$
♄ Saturn	9,539	197	$29^a 167^d$	0,056	9,022	15507	2°30′	$10^h 29^m$
⛢ Uranus	19,182	396½	$84^a\ 6^d$	0,047	4,344	7466	0°46′	—
♆ [Neptun	30,037	621	$164^a 225^d$	0,009	c.4,33	c.7300	1°47′	—]

Mercur og Venus, som have deres Baner om Solen indenfor Jordens Bane, kaldes de nedre Planeter; de andre [saavel de nysnævnte, som de tidligere omtalte smaa], hvis Baner omslutte Jordens, kaldes de øvre. Enhver af disse sidste siges at være i Opposition mod Solen, naar den ligger i een Bredecirkel med Jorden og denne ligger mellem Solen og Planeten; derimod er samme Planet i Conjunction med Solen, naar den ligger i een Bredecirkel med Jorden, men saaledes, at Solen er imellem Jorden og Planeten. De nedre Planeter ere ingensinde i Opposition mod Solen; men naar een af dem er i een Bredecirkel med

*) Nøiagtigere 20666800 geogr. Mile.

Jorden, siges den at være i sin nederste eller øverste Conjunction med Solen, det sidste, naar Solen er imellem Jorden og Planeten. De øvre Planeter have størst synlig Diameter i Oppositionen, mindst i Conjunctionen; de nedre størst i den nederste, mindst i den øverste Conjunction. Den Tid, som for een af de øvre Planeter forløber imellem to paa hinanden følgende Conjunctioner, eller for een af de nedre Planeter imellem to paa hinanden følgende øverste Conjunctioner, kaldes Planetens synodiske Omløbstid.

[Allerede Kepler bemærkede, at Planeternes Afstande fra Solen omtrent kunde udtrykkes ved følgende Række af Tal, nemlig naar Mercurs Afstand sættes til *4*, bliver Venus's *7*, Jordens *10*, Mars's *17*, Jupiters *52*, Saturnus's *95*. Bode fandt, at disse Tal alle omtrent have Formen $4 + 3 . 2^n$ (Bodes Lov); men naar heri for n sættes $-\infty$, *0* og de hele positive Tal, saa svarer til $n = 3$ og til $n > 5$ ingen af de ældre Planeter, men $n = 6$ giver *196*, medens Uranus's Afstand maatte sættes til *191,8*, naar Mercurs er *4*, og $n = 3$ giver *28*, som omtrent svarer til de smaa Planeter, hvis Afstande varierer fra *22* (Flora) til *32* (Euphrosyne). I Henhold til Bodes Lov var Tilværelsen af een Planet imellem Mars og Jupiter forudseet, medens Opdagelserne i Begyndelsen og Midten af dette Aarhundrede have viist, at dens Plads omtrent indtoges af mange smaa (1ste Juni 1857 i Alt 44); man har derfor antaget, dog uden videre Hjemmel, at disse smaa Planeter vare opstaaede ved Adsplittelse af en større. De kaldes nu almindeligen Planetoider eller Asteroider. Anvendes Bodes Lov paa Neptun ved at sætte $n = 7$, faaes Afstanden at være *388*, medens den virkeligen er *300*. Til fuldstændig Oversigt meddeles nedenstaaende Tabel.]

	Mercur.	Venus.	Jorden.	Mars.	[Bellona.]	Jupiter.	Saturnus.	Uranus.	Neptunus.
n	$-\infty$	0	1	2	3	4	5	6	7
$4 + 3 . 2^n$	4	7	10	16	28	52	100	196	388
Sande Afstande	3,87	7,23	10	15,24	[27,81]	52,03	95,39	191,82	300,37

[Tog man Middeltallet af alle Planetoidernes Afstande, forsaavidt de kjendes, fik man et noget mindre Tal end det for Bellona opførte, nemlig omtrent *25,5*].

Om nogle af Planeterne bevæge sig andre Kloder (Biplaneter, Drabanter, Maaner), som i deres Omløb om Hovedplaneten følge de to første Keplerske Love, saa at Hovedplaneten er i Ellipsens ene Focus. Jorden har een Drabant, Maanen, Jupiter har 4, Saturnus 8 [de hedde i Orden fra Planeten at regne: Mimas, Enceladus, Thetys, Dione, Rhea, Titon, Hyperion, Japetus], Uranus 8, men af disse sidste er de fires Existents tvivlsom [de sikkre ere de to nærmest ved Planeten: Ariel og Umbriel, den fjerde Titania, den sjette Oberon], Neptunus 1. Ligesom det først er ved Kikkerternes Hjælp, at man har opdaget disse andre Maaner (Galileo Galilei født i Pisa 1564 opdagede Jupiters Maanerne 1610, de tre den 7de Januar, den fjerde 6 Dage efter [; Saturnus Maaner ere opdagede af Huyghens, Cassini, W. Herschel og Lassell, Uranus's af W. Herschel og Lassell, Neptuns af Lassell]), saaledes har man ved samme Instrument opdaget, at Planeten Saturnus er omgiven af [tre] flade næsten cirkelrunde concentriske Ringe, beliggende i Planetens Æqvators Plan, og som i samme Plan have en Omdreining fra Vest til Øst, altsaa i samme Retning, hvori alle Planeterne have deres Omdreining om Axen og Omløb om Solen. Man har fundet Ringenes Omdreiningstid liig Saturnus's, nemlig $10^h\ 29^m$, og man har desuden fundet følgende Dimensioner:

Den yderste Rings ydre Diameter a = 38325 geogr. Mile
indre Diameter b = 33728 — —
Brede $\frac{a-b}{2}$ = 2299 — —
den anden Rings ydre Diameter a' = 32955 — —
indre Diameter b' = 25490 — —
Brede $\frac{a'-b'}{2}$ = 3733 — —
dennes Afstand fra Saturns Overflade c = 4992 — —
Ringenes indbyrdes Afstand $\frac{b-a'}{2}$ = 387 — —

Ringenes Tykkelse er omtrent 30 geographiske Mile [, men kan ikke bestemmes med Sikkerhed. Den tredie Ring, opdaget 1850, ligger indenfor den anden, og medens de to andre] ere ligesom Saturnus oplyste af Solen [, saa er den mørk, men gjennemsigtig. De første] bevirke for en Deel af denne Planet en Formørkelse, som varer 15 af vore Aar eller et halvt Saturnsaar, men for en anden Deel sees som to over hele Himmelen udspændte lysende Buer, der synes at have en uforanderlig Stilling. [Da Ringen ligger i Saturns Æqvators Plan og har en Heldning af 27^0 imod Planetbanens Plan, hvilken atter kun afviger $2^0\ 30'$ fra Eclipticas Plan, saa ville Ringene aldrig sees afsondrede fra og omsluttende Planeten, men sees stedse som meer eller mindre flade Ellipser, der endog to Gange under Planetens Omløb om Solen, omtrent hvert femtende Aar, reduceres til rette Linier, der da paa Grund af deres ringe Tykkelse blive usynlige.]

[Ifølge det Copernicanske System er Solen et Centrallegeme for Planeter, af hvilke igjen nogle ere Centrer for andre Himmellegemer. Der er imidlertid dermed Intet afgjort om, hvorvidt Solen selv er et stillestaaende Legeme, eller om den maaskee, ligesom de Planeter, der have Maaner, er et vandrende Centrum. Allerede 1611 opdagede den hollandske Astronom Fabricius, ved at iagttage Solpletterne paa et Solbillede i det formørkede Kammer (camera obscura), at Solen maatte rotere om en Axe, ligesom alle de planetariske Legemer. En Plet, som nemlig stadigen iagttages, vil efter sin Gang tversover Solen forsvinde og først efter bestemt Mellemrum komme tilsyne paa den modsatte Rand, for atter at fuldende den samme Vei paa Solskiven. Pletten behøver til en saadan Rotationsbevægelse omtrent $27\frac{1}{2}$ Dag og efter de Iagttagelser og Beregninger, Franskmanden Laugier har anstillet, kan man fastsætte Solens Omdreining om sin Axe fra Vest til Øst til $25\frac{1}{3}$ Dag, idet man maa bemærke, deels at Pletterne ere noget foranderlige, deels at der maa tages Hensyn til Jordens Fremskriden i sin Bane (c. 27^0) i samme Tid. Den Axe, hvorom Rotationen skeer er saaledes beliggende, at Solens Æqvator danner en Vinkel paa $7^0\ 9'$ mod Eclipticas Plan. Ældre Astronomer, deriblandt Kepler, havde ogsaa tidlig Formodning om, at Solen foruden sin omdreiende Bevægelse (Rotations-) Bevægelse ogsaa havde en fremskridende (Translations-) Bevægelse, og W. Herschel udledte 1783 af Iagttagelser over en egen Bevægelse af Fixstjernerne, at dennes Beskaffenhed tydede paa en Bevægelse af Solsystemet henimod Stjernebilledet Hercules, idet denne Constellation Aar for Aar synes at vinde i Udstrækning, medens det modsatte Stjernebillede synes at formindskes. Angaaende Hastigheden, hvormed denne Bevægelse foregaaer, er der endnu nogen Usikkerhed, men den kan omtrent anslaaes til 2 lieues i Secunden. Aarsagen til denne Fremskriden af Solsystemet er sandsynligviis den Tiltrækning, som alle Himmellegemer udøve paa hinanden, og Herschel gjorde opmærksom paa, at der netop i Retning af Stjernebilledet Hercules kan iagttages en lille hvid Stjernetaage, som han i sit Telescop fandt at bestaae af mere end 14000 Stjerner. Denne Gruppe i Forening med andre lignende kunde muligen bevirke Solsystemets Bevægelse i den angivne Retning.]

Iagttagelserne vise, at alle Himmellegemerne i vort Solsystem laane deres Lys fra Solen, og at denne alene er selvlysende, og derfor henhører til den samme Classe af Himmellegemer som Fixstjernerne. Herved forklares let, hvorledes Maanen samtidigen med sit synodiske Omløb gjennemløber sine fire Phaser (Fig. 41), α (Nymaane), β (første Qvarteer), γ (Fuldmaane), δ (sidste Qvarteer), som ganske rette sig efter Maanens Stilling med Hensyn til Solen; α og γ kaldes Syzygierne, β og δ Qvadraturerne. Lignende Phaser bemærkes ved de to nedre Planeter Mercur og Venus, saaledes at enhver af disse ligeledes gjennemløber sine Phaser samtidigen med sit synodiske Omløb.

Da den Side af Planeten, som vender imod Solen, er oplyst, den bortvendte Side mørk, saa vil Planetens Rotation om sin Axe frembringe Afvexling af Dag og Nat. Det samme gjælder om Biplaneterne, hvilke alle synes ligesom Jordens Biplanet bestandigen at vende den samme Side mod Hovedplaneten, altsaa at fuldføre Omdreiningen om Axen i en Tid liig den sideriske Omløbstid om Hovedplaneten. Da imidlertid Rotationen om Axen skeer med constant Hastighed, men Omløbet om Hovedplaneten med variabel Hastighed, kommer man undertiden til at see lidt mere af den østlige, undertiden lidt mere af den vestlige Rand af Maanen. Denne Ulighed kaldes Maanens Libration i Længde. En anden Ulighed, hidrørende fra, at Maanens Æqvators Plan har en Heldning mod Ecliptica (af $1^{0}\,28'\,45''$), gjør, at lidt mere snart af den nordlige, snart af den sydlige Rand, bliver synlig, hvilket kaldes Libration i Brede. [Maanebanens Plan danner med Eclipticas Plan en Vinkel (Inclinationen) af $5^{0}\,8'\,48''$, og da denne Vinkel ligger paa den modsatte Side af den nys nævnte, er der imellem Maanens Æqvators Plan og Maanebanens Plan en Vinkel paa $6^{0}\,37'\,33''$.]

At Planeterne kaste en kegleformig Skygge, som er bortvendt fra Solen, kan iagttages ved dem, som have Biplaneter. Planeterne selv kunne ingensinde træde den ene i den andens Heelskygge, da deres indbyrdes Afstande ere meget større end disse Skyggers Længder, men vel kan den ene Planet træde ind i den andens Halvskygge, som er ubegrændset, f. Ex. de nedre Planeter Mercur og Venus, sete fra Jorden, kunne til visse Tider sees at gaae forbi Solens Skive. [Man kalder dette Phænomen Planetens Gjennemgang igjennem (Gang forbi) Solen, og det finder kun Sted, naar Planeten kommer i Conjunction med Solen og er i Nærheden af en af sine Knuder; det indtræffer hyppigere for Mercur end for Venus, for den første altid i Mai eller November, for den sidste altid i Juni eller December. Iagttagelserne af Venus's Gjennemgang igjennem Solen ere af særegen Vigtighed, da man deraf finder Solens Parallaxe med størst Sikkerhed.]

Biplaneterne derimod ville ved undertiden at træde ind i Hovedplanetens Heelskygge blive formørkede, ligesom ogsaa Hovedplaneten paa en Deel af sin Overflade kan formørkes eller beskygges af Biplaneten. Det første Phænomen kaldes Maaneformørkelse (eclipsis lunæ), det andet Solformørkelse (eclipsis solis); hiin finder kun Sted i Biplanetens Opposition, altsaa naar det er Fuldmaane, denne i dens Conjunction, altsaa naar det er Nymaane. For at Formørkelse kan finde Sted maa desuden Biplanetens Brede ikke overstige en vis Grændse, da ellers det ene Legemes Skygge falder heelt over eller under det andet Legeme, saa at det følgelig ikke formørkes. For en Deel af Jorden kan en Solformørkelse finde Sted, ikke for andre Dele, om end disse have Solen til samme Tid over Horizonten. Naar Iagttageren for et vist Sted af Jorden har Solens og Maanens Centrer i ret Linie med Øiet, saa siges Formørkelsen for dette Sted at være central. Er til samme Tid den synlige Diameter af Maanen større end den synlige Diameter af Solen, saa vil denne ganske skjules, og Formørkelsen hedder total. Men naar den synlige Diameter af Maanen er til denne Tid mindre end den synlige Diameter of Solen, saa bliver denne ikke ganske bedækket, men forvandles til en lysende Ring; en saadan Formørkelse kaldes ringformig. I alle andre Tilfælde, hvor kun en Deel af Solen skjules af Maanen, kaldes Formørkelsen partiel. Den størst mulige Varighed af Ringen i den ringformige Solformørkelse er omtrent $12^m\ 24^s$, og den største Varighed af en total Bedækning af Solskiven ved Maanen er $7^m\ 58^s$ [beregnet for Æqvator af du Séjour 1777]. Maaneformørkelsen er eens for alle Steder paa Jorden, hvor den er synlig, d. e. som have Maanen over Horizonten under Formørkelsen. Ringformige Maaneformørkelser existere ikke, efterdi Jordens Skygge, som omtrent er 3½ Gang saa lang som Afstanden til Maanen, har i den Region, hvor Maanen befinder sig, et langt større Gjennemsnit end Maanen. 223 synodiske Omløb af Maanen, som udgjør 18 julianske Aar og 11 Dage, afvige kun ½ Dag fra 19 synodiske Omløb af Maaneknuden, saa at efter denne Periode [i Oldtiden kaldet Saros] vende Formørkelserne tilbage i samme Orden. Denne Periode indbefatter i Almindelighed 70 Formørkelser, hvoraf 29 Maane- og 41 Solformørkelser; men for det samme Sted paa Jorden ere Maaneformørkelserne langt hyppigere end Solformørkelserne. Det kan endvidere bemærkes, at Antallet af Formørkelser i et Aar aldrig er færre end to og aldrig flere end syv, og finde kun to Sted, ere de nødvendigen begge Solformørkelser. [Hvor sjeldent de totale Solformørkelser kunne indtræffe, sees deraf, at Halley fandt 1715, at London i de fra den 20de Marts 1140 forløbne 575 Aar kun havde havt een saadan, og siden 1715 har der atter ingen været i London. Paris har i det attende Aarhundrede kun havt een total Solformørkelse 1724, og i

det nittende faaer denne Stad slet ingen. De totale Solformørkelser, som forestaae i dette Aarhundrede, ere:

18de Juli 1860, for det nordligste Amerika, Spanien, Nordafrika;

31te Decbr. 1861, for Atlanterhavet, Middelhavet, Sahara;

22de Decbr. 1870, for Azorerne, Sydspanien, Algier, Sicilien, Tyrkiet;

19de August 1887, for det nordøstlige Tydskland, Sydrusland, Midten af Asien;

9de August 1896, for Grønland, Lapland, Siberien;

28de Mai 1900, for de forenede Stater, Spanien, Algier, Ægypten *).]

Iagttagelsen af Jupitersmaanernes Formørkelser har ledet til Opdagelsen af Lysets Hastighed (Ole Rømer født den 25de Septbr. 1644 i Aarhus, død 1710), som viser sig derved, at medens Jupitersmaanens Indtrædelse og Udtrædelse af Planetens Skygge (Immersion og Emersion) finde nøiagtigen Sted til den forud beregnede Tid, naar Jupiter er i sin Middelafstand fra Jorden eller i et af de to Punkter, som ere lige langt fjernede fra Conjunction og Opposition (hvilke Punkter kaldes Qvadraturer), saa ville derimod de to Phænomener indtræffe $8^m\ 7\frac{1}{2}^s$ sildigere end beregnet i Planetens Conjunction og $8^m\ 7\frac{1}{2}^s$ tidligere end beregnet i dens Opposition, hvoraf sluttes, at Lyset bruger $8^m\ 7\frac{1}{2}^s$ for at gaae fra Solen til Jorden, altsaa har en Hastighed af 42000 Mile i Secunden. Dette er ogsaa senere paa andre Maader bleven stadfæstet (Bradley, Aberrationen).

[Der gives ogsaa andre Phænomener af samme Art som Formørkelserne, der fortjene at fremhæves. Saaledes kan Maanen bedække en Planet eller en Fixstjerne, eller

[*) Arago Astron. popul. livre XXI chap. IV tome III.]

en Planet kan bedække en anden Planet eller en Fixstjerne*). Endelig kan udhæves, skjøndt det ikke vedkommer Solsystemet, at to Dobbeltstjerner kunne træde i saadan Stilling til hinanden, at de vise sig som een enkelt Stjerne. Saaledes har W. Herschel fundet, at τ i Slangeholderen var dobbelt, medens Struve senere ikkun har kunnet see den som en enkelt Stjerne; omvendt forholder sig ζ i Orion, der paa Herschels Tid var afgjort enkelt, men nu ganske tydeligen er dobbelt**). Her finder vel ingen Formørkelse Sted, men en Bedækning af et lysende Legeme ved et andet er ikke væsentligen forskjellig fra et lysende Legemes Bedækning af et mørkt.]

Til Solsystemet henhøre ogsaa Cometerne, der laane deres Lys fra Solen og i deres Omløb om denne følge de to første Keplerske Love; men de afvige fra Planeterne ikke bløt i Udseende (§ 1), men tillige i Banens Beskaffenhed, som for disse Himmellegemer forekommer med alle mulige Heldninger mod Ecliptica, ligesom ogsaa Retningen af Bevægelsen ikke som ved Planeterne er blot fra Vest til Øst***). Desuden er ved Cometerne Ellipsens store Axe og Excentricitet meget store, saa at de selv i Kikkerterne kun ere synlige i en lille Deel af deres Bane paa begge Sider af Periheliet, og Omløbstiden er i Almindelighed flere hundrede Aar [, ja langt derover]. Dog kjendes nogle faa med kortere Omløbstid.

1. Den Halleyske Comet, hvis Omløbstid er [i Middeltal af syv Gjennemgange igjennem Periheliet] 76 Aar [og 1 Maaned] og sidste Gang observeredes i Aaret 1835 og 36 (tidligere [1378, 1456], 1531, 1607, 1682, da den

[*) Arago Astron. popul. livre XXII chap. V tome III.]

[**) Arago Astron. popul. livre X chap. XII tome I.]

[***) Alene Uranus's og Neptunus's Drabanter have iblandt de planetariske Legemer en tilbagegaaende Bevægelse fra Øst til Vest.]

viste sig meget stærkt skinnende med en Hale af *30°* Længde, 1759). [Ved Anvendelse af den tredie Keplerske Lov findes dens Bane at have sin store Axe *35,9* Gange saa stor som Jordbanens, saa at den gaaer udenfor Neptuns Bane, naar den nærmer sig sit Aphelium.]

2. Enckes Comet [, opdaget af Pons i Marseille, beregnet af Encke], hvis Omløbstid er 1204 Dage eller *3,3* Aar, hvilket bekræftede sig 1818, da den fjerde Gang observeredes (senere observeret 1822, kun synlig i den sydlige Halvkugle, 1825, 1828, 1832, 1835 o. s. v.) [Den halve store Axe i Banen er *2,2*, og dens største Afstand fra Solen 4 Gange Jordens Middelafstand].

3. Den Bielaske Comet efter Astronomen Biela, som først opdagede dens Periodicitet, da den viste sig i Febr. 1826 og opdagede dens Identitet med Cometer observerede 1772 og 1805 [Franskmændene tilskrive Gambart Æren af Beregningen og kalde den den Gambartske Comet]; dens Omløbstid er [*2412,5* Dage eller] 6¾ Aar. [Banens halve store Axe er *3,5*, Apheliets Afstand *6,2*]. Den er observeret 1832, 1846 og 1852. Den er ubetydelig i Størrelse og uden Hale. Dens Bane skjærer Eclipticas Plan nær ved Jordens Bane, saa at begge disse Himmellegemer vilde være stødte sammen, hvis i 1832, da Cometen var i Knuden, Jorden havde været en Maaned længere fremrykket i sin Bane.

[4. Fayes Comet, observeret og beregnet 1843 af Faye, er ikke forhen iagttaget ifølge de bekjendte Fortegnelser over iagttagne Cometer. Dens Tilbagekomst forudsagdes til 1850 eller 51, og den blev ogsaa seet 1850 i Novbr.; den 3die April 1851 var den i sit Perihelium. Dens Omløbstid er 2718 Dage eller *7,44* Aar. Banens halve store Axe er *3,8*, Apheliets Afstand *5,9*.

5. Brorsens Comet, opdaget af Brorsen i Kiel 1846, beregnet af flere Astronomer, Brunnow, Goujon og Hind. Dens Tilbagekomst forudsagdes til 1851, da den

imidlertid ikke blev seet, derimod er den iagttaget af Bruhns den 18de Marts 1857 og gaaet igjennem sit Perihelium den 29de Marts. Omløbstiden er 2026 Dage eller $5\frac{1}{2}$ Aar. Middelafstanden fra Solen er $3\frac{1}{8}$ Gange Jordens. Det er den sidste Comet, som er iagttaget mere end een Gang*).

Foruden disse, hvis Tilbagekomst er ikke blot beregnet, men ogsaa iagttaget, gives der flere Cometer, som ere beregnede at skulle vise sig igjen. Af disse har man for nogle (saasom Vicos, d'Arrests, Peters's) beregnet korte Omløbstider, medens den for andre er ansat til et længere, ofte meget langt Tidsrum (saasom Olbers's omtrent 74 Aar, en af Mauvais i 1844 observeret skal ifølge Plantamours Beregning have en Omløbstid af 100000 Aar). — Et meget mærkeligt Forhold viste sig ved Cometen af 1770, opdaget af Messier og beregnet af Lexell, idet den efter de gjorte Iagttagelser skulde antages at have en meget kort Omløbstid, men i Virkeligheden hverken havde været synlig forhen eller nogensinde senere blev det. Senere Undersøgelser af Burckhardt have imidlertid tilfulde forklaret dette Særsyn, idet dens Bane to Gange er bleven forstyrret ved Planeten Jupiters Paavirkning, saaledes at den først forandredes til at faae en kort Omløbstid, og senere atter, saa at den fik en lang.]

Nogle Cometer have saa betydelige Størrelser, at de maae henregnes til de meest voluminøse Legemer i Verdensrummet: Cometen af 1680 havde en Hale, større end Jordens Afstand fra Solen, hvilken Hale udviklede sig af Cometens Legeme i Løbet af to Dage, da Cometen nærmede sig sit Perihelium. Cometen af 1811 havde en Hale, som kun var lidet mindre. Den Enckeske synes ved sine senere Tilsyneladelser bestandigen at have tabt noget af sin Masse og desforuden i sin Bevægelse at være underkastet Modstand af Ætheren (Lysmaterien). Den Bielaske viste sig spaltet i to Cometer, da den gjensaaes i 1846 og 1852. Cometernes Masser ere overhovedet meget smaa i Forhold til deres Størrelse [; Cometen af 1770 passerede to Gange imellem Jupiter og dens Maaner uden at udøve nogen Virkning paa dem, og medens dens Omløbstid blev to Dage længere formedelst Jordens Indvirkning derpaa, forblev Jordens Omløbstid ikke forandret en Secund, hvoraf kan sluttes, at dens Masse ikke er $\frac{1}{5000}$ af Jordens*)]. Cometerne ere tildeels gjennemsigtige (Fixstjernerne ere synlige igjennem dem), saa at de med Rimelighed kunne antages at bestaae væsentligen af Dampe.

*) Comptes rendus des séances de l'acad. des sciences tome XLIV Nr. 17 (27 April 1857).

Planeternes Overflader ere ikke saa tydelige selv i de bedste Kikkerter, at Noget om dem med Sikkerhed kan bestemmes; men Maanens Overflade synes at indeholde store Samlinger af Bjergmasser, der alle have en eiendommelig Characteer, som ganske hentyder paa en vulkansk Oprindelse. De ere runde og have i Midten en stor Fordybning, hvorfra atter et kegleformigt Bjerg rager op. Deres Høide kan anslaaes til 1 Miil i det høieste.

[*) Arago Astron. popul. livre XVII chap. XXXI tome II.]

Rettelser.

Følgende Feil i Manuskriptet er bleven overseet:

Pag. 17 Lin. 13 f. n. staaer i Ligning (5) $AR - AR'$ for $AR' - AR$, idet Timevinklen og Rectascension regnes i modsatte Retninger. Deraf følger, at

Pag. 18 Lin. 5 bør staae $\odot AR = \Upsilon\theta - \odot\theta$,
— 26 — 10 forandres — til +.
— 27 — 6 forandres $AR - AR'$ og μ til $AR' - AR$
— 28 og 29 og $-\mu$.
— 19 — 15 og Pag. 20 Lin. 6 tilføies respective (Fig. 13) og Fig. (15).

Fig. 1.

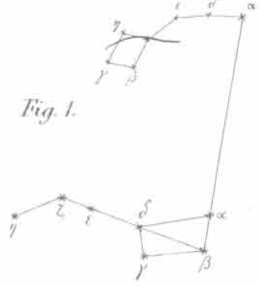

Fig. 2.

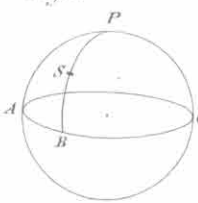

Fig. 3.

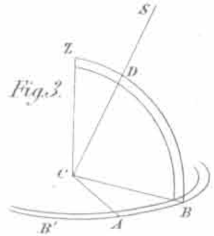

Fig. 4.

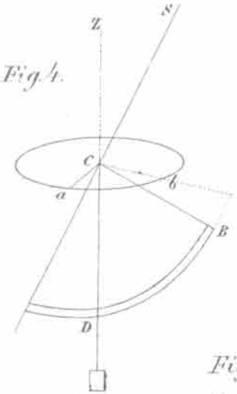

Fig. 5.

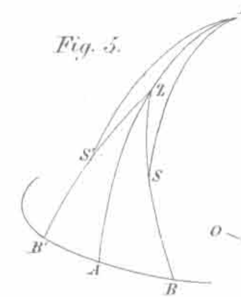

Fig. 6.

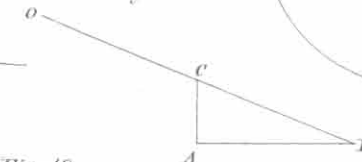

Fig. 7.

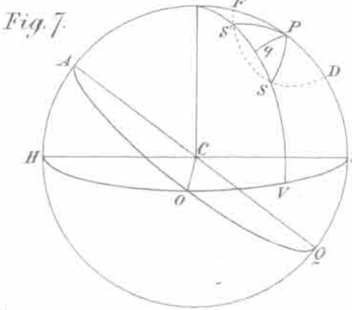

Fig. 8.

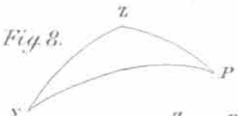

Fig. 9.

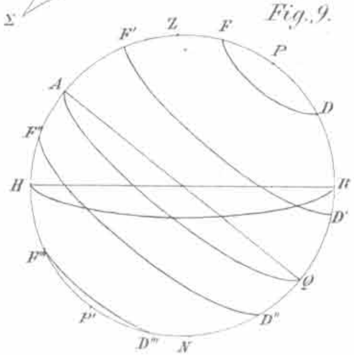

Fig. 10.

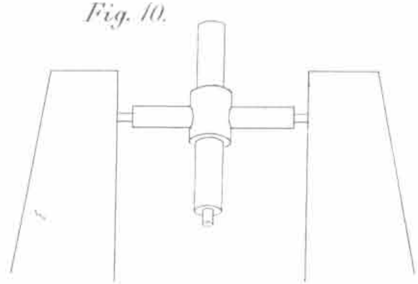

Fig. 11.

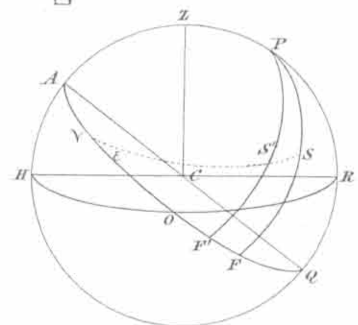

Fig. 12.

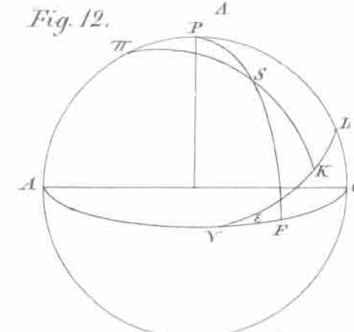

Fig. 13.

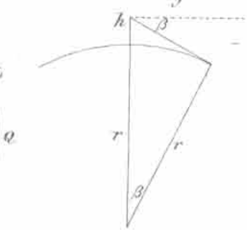

Fig. 14.

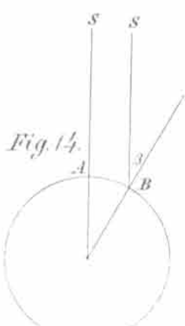

Fig. 15.

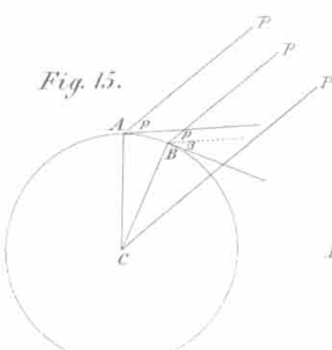

Fig. 16.

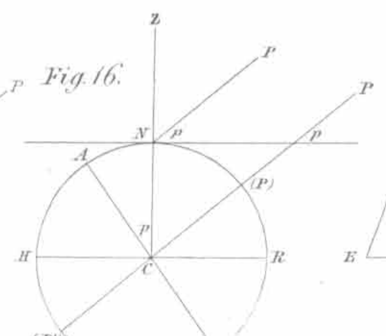

Fig. 17.

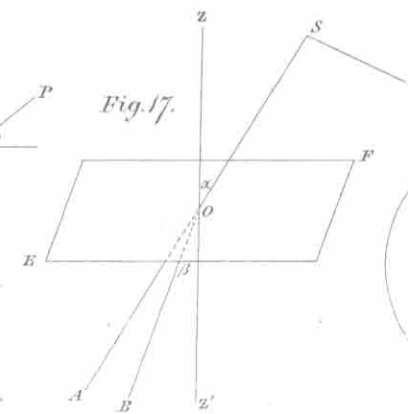

Fig. 18.

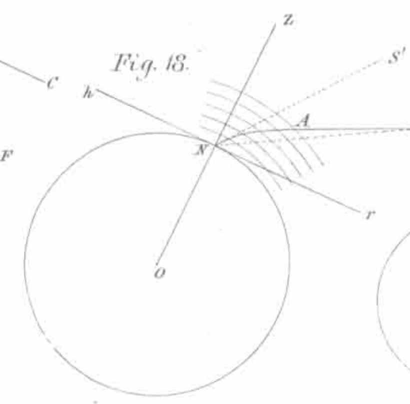

Fig. 19.