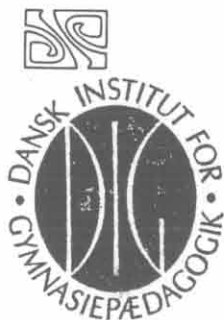


F. BARMWATER



GRUNDTRÆK AF ASTRONOMIEN

TREDIE UDGAVE



G. E. C. GAD'S FORLAG. — KØBENHAVN 1913

Nærværende Udgave er lidt kortere end 2den, hvorved Hensyn er taget til Erfaringer om, hvad der sædvanligvis kan naas i Gymnasiet. Lidt Udvidelse har Afsnittet om Himmellegemernes fysiske Beskaffenhed faaet. — Ligesom i Fortalen til 2den Udgave benytter jeg Lejligheden til at henlede Opmærksomheden paa det fortrinlige pædagogiske Hjælpemiddel, man har i Brugen af Universitetets »Skriv- og Rejsekalender«, der jo nu kan faas i forkortet Skoleudgave. I Forbindelse hermed anbefaler jeg meget at lade Eleverne udføre de astronomiske Tegneøvelser, der staar samlede Side 126—134. Udførelsen kan foregaa i nogle af de Dobbelttimer, som man har ansat til fysiske Øvelser, og kan jo, om man vil, opgives sammen med disse til Eksamen.

København, Juli 1913.

F. BARMWATER.

FØRSTE DEL

Himmelkuglen.

1. Stjernehimlen. Stjernekortet.

Naar man en klar Nat kaster Blikket ud i Verdensrummet, viser dette sig som en uhyre Kugle, Himmelhvælvingen, paa hvilken der er fastgjort en myldrende Mængde af lyse Punkter, Stjærnerne. Centrum for denne Himmelkugle synes det Sted at være, hvor man tilfældigvis befinder sig, hvoraf kan sluttet, at Afstandene ud til de lysende Punkter maa være ganske overordentlig store i Sammenligning med alle Afstandene paa Jorden. Betragter man disse lysende Punkter i længere Tid, opdager man, at de ikke sidder stille, men det ser ud, som om hele Himmelkuglen drejede sig om en Akse gennem Centrum, idet de enkelte Stjærner bevæger sig i Cirkler, der er indbyrdes parallelle og har deres Centrer paa en fælles ret Linje, der hos os hælder $55^{\circ} 41'$ mod Horizonten (Fig. 1). Den Tid, i hvilken en saadan Omdrejning foregaar, er omtrent 4 Minutter mindre end 24 Timer, og Retningen for denne saakaldte daglige Bevægelse er fra Øst til Vest, idet Stjærnerne »staar op«, d. v. s. kommer op over Horizonten, paa den østlige Side af Himmelen og »gaar ned« paa den vestlige. Det er den samme Omløbsretning, som Viserne paa et Ur har, naar man holder dette i Ækvators Plan med Urskiven vendt mod Nordpolen.

Den Akse, hvorom Himmelhvælvingen drejer sig, kaldes Verdensaksen. Den ender i Nordpol og Sydpol. Tæt

ved Nordpolen sidder en Stjerne, Polarstjærnen; Sigtelinjen til denne gaar altsaa meget nær i Verdensaksens Retning. Polarstjærnen findes ved gennem de to bageste Hjul af det kendte Stjernebillede »Karlsvognen« at trække Forbindelseslinjen og forlænge den omtrent $5\frac{1}{2}$ Gang de to Stjærners Afstand til den Side, Stangen sidder.

Fiksstjærnerne plejer man, efter den Klarhed, hvormed de viser sig, at henregne til forskellige saakaldte Størrelsesklasser. De mest fremtrædende eller tydeligste Stjærner — de første som viser sig om Aftenen, naar Mørket falder

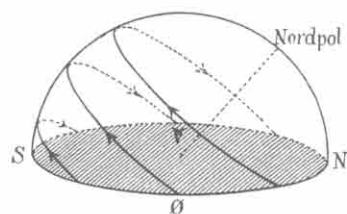


Fig. 1.

paa — henregnes til 1ste Klasse, de næst paafølgende til 2den Klasse og saaledes fremdeles, saa at de mindste Stjærner, som under almindelige Omstændigheder og i klar Luft ses let, henhører til 5te Klasse, medens 6te Klasse kræver et temmelig skarpt Syn

for at kunne ses med det blotte Øje. Tager vi Kikkerten til Hjælp, opdager vi et Myr af Stjærner, saa at vi maa føje endnu flere Klasser til, indtil 20de eller højere, efter Kikkertens Styrke.

For at orientere sig paa Stjernehimlen har man fra de ældste Tider brugt at tænke sig denne delt i saakaldte Stjernebilleder, d. v. s. Samlinger af Stjærner, der danner let huskelige Figurer. De enkelte Medlemmer inden for et Stjernebillede betegnes ved de smaa Bogstaver i det græske Alfabet, saaledes at α er den klareste.

Til Hjælp ved Studiet af Stjernehimlen vil vi benytte Stjernekortet i Universitetets »Skriv- og Rejse-Kalender«, der viser de mærkeligste af de Stjernebilleder, der findes paa den nordlige Halvkugle. Ved Brugen af Kortet erindres det, at det skal holdes saaledes, at man ser fra neden op paa det, ligesom naar man betragter Himlen. Der gives visse simple Regler, hvorefter man kan finde de vigtigste Stjærner. Vi tager vort Udgangspunkt i Karlsvognen eller

den store Bjørn. Forlænges Linjen mellem de to bageste Stjærner (α og β) til den Side, Stangen sidder, saa træffer den som nævnt Polarstjærnen eller α i den lille Bjørn. De 7 klareste Stjærner i denne danner en Figur, som ligner Karlsvognen, men med Vognstangen bøjet den modsatte Vej.

Forlænger man den samme Linje et godt Stykke nedad, træffer den Løven; den klareste Stjerne i denne hedder Regulus, en Stjerne af 1ste Størrelse, som ligger lidt til højre for den nævnte Linje. Trækkes en Linje gennem de to Hjul, der ligger paa Stangensiden (α og δ), og forlænges den baglænds, træffer den en meget klar Stjerne lige ved Mælkevejen, Kapella eller α i Kudsken.

Tænker man sig Vognstangens Bue forlænget med jævn Krumning, træffer den Arcturus i Stjernebilledet Bootes. Samme Stjerne naas ogsaa ved at forlænge de to længste Sider i Vognen til deres Skæringspunkt. Forlænges den nævnte Bue endnu længere, kommer man til Spika, der er den klareste Stjerne i Jomfruen. Den kommer aldrig ret højt op hos os; den ses om Foraaret.

Trækkes en Linje fra δ i Karlsvognen til Polarstjærnen, og forlænges den videre, træffer den i Mælkevejen Kassiopeia, hvor de 5 klareste Stjærner danner et W.

Mellem Kassiopeia og Kudsken ligger, ligeledes i Mælkevejen, Stjernebilledet Perseus, der ligner en højrygget Stol. Mellem Kudsken og Løven staer Tvillingerne, Kastor og Pollux, to næsten lige klare Stjærner mellem 1ste og 2den Størrelse.

Hvor Mælkevejen forgrener sig, ligger Stjernebilledet Svanen, hvori de klareste Stjærner danner et Kors. I Toppen af dette staar en meget klar Stjerne, Deneb (α). Denne danner sammen med to andre meget klare Stjærner, nemlig Vega (α i Lyren) og Atair (α i Ørnen), en ligebenet Trekant med Spidsen nedad. Vega er den klareste Stjerne paa den nordlige Himmel. I Nærheden af denne Trekant ses 4 Stjærner af 2den Størrelse, der danner et Kvadrat i Pegasus. Den ene af dem sættes ogsaa som α i Andromedas Stjernebillede.

Orion eller Kæmpen er et glimrende Stjernebillede med 7 klare Stjerner, af hvilke de to øverste staar i Skuldrene, de to nederste i Benene, og de tre mellemste danner Bæltet.

Forlænges Bæltet nedad, træffer Linjen den store Hund, i hvilken Sirius funkler som den klareste af alle Fiksstjerner. Den ses bedst midt om Vinteren.

Betelgeuze i Orions Skulder danner sammen med Sirius og Prokyon i den lille Hund en ligesidet Trekant.

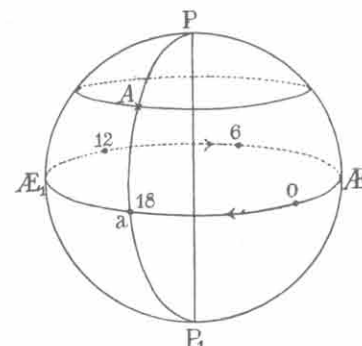
Forlænger vi Linjen gennem Bæltet mod Nordvest, træffer vi paa en rødlig Stjerne af 1ste Størrelse, nemlig Aldebaran, den største Stjerne i Tyrens Billede (Tyrens Øje); den danner sammen med nogle smaa Stjerner et V, der kaldes Hyaderne. Lidt længere i Forlængelsen af den omtalte Linje træffer vi Plejaderne eller Syvstjernen, i hvilken man med blotte Øjne tæller 6 eller 7 Stjerner, med gode Kikkerter finder man henved 200.

Mellem den lille og den store Bjørn strækker sig i et S Dragen; en Linje gennem γ og δ i den store Bjørn gaar gennem Dragens Hoved til Vega.

Nøjere Angivelse af Stjernernes indbyrdes Plads.

Vi vil tænke os Stjernehimlen afbildet paa en saakaldet **Globus**, d. v. s. en Kugle, der kan dreje sig om en Akse, der naturligvis skal forestille Verdensaksen. Paa denne Kugle tegner vi en Cirkel lige langt fra begge Polerne, den kaldes **Ækvator**, $\mathcal{A}\mathcal{E}_1$ (Fig. 2). En Cirkel, hvis Plan indeholder Kuglens Centrum, kaldes en **Storcirkel**; Ækvator er altsaa en Storcirkel vinkelret paa Aksen. Den daglige Omdrejning skal foregaa i Retning af Pilene. Under denne kommer Stjernerne, f. Eks. A, til at gennemløbe Cirkler vinkelrette paa Aksen, altsaa parallelle med Ækvator. Vil vi

nu angive, hvor paa Globen Stjernen A ligger, da kan vi tegne en Storcirkel gennem Stjernen og begge Polerne, altsaa PAP_1 , og saa angive ¹⁾ hvor denne Storcirkel ligger paa Kuglen, og ²⁾ hvor paa Storcirklen Stjernen ligger. Storcirkelns Plads kan vi angive ved paa Ækvator at vælge et bestemt Udgangspunkt — Punktet 0 paa Figuren — og dernæst angive, hvor langt fra dette Cirklen skal ligge, idet vi saa tillige maa vedtage, i hvad Retning vi skal gaa rundt paa Ækvator fra Nulpunktet. Vi kan nemlig gaa enten med eller mod den daglige Bevægelse; vi vil vælge at regne mod den daglige Omdrejning. Stjernens Plads paa Cirklen angives enten ved Hjælp af Stykket Aa , Afstanden fra Ækvator, eller ved Stykket AP , Afstanden fra Polen.



De samme Linjer tænker vi os nu ogsaa dragne paa Himlen. Ved dennes **Ækvatorplan** forstaas altsaa: et **Storcirkelplan** vinkelret paa Verdensaksen, og ved **Himlens Ækvator** forstaas: **Skæringslinjen** mellem Ækvatorplanet og **Himmelkuglen**. Den Cirkel, som en Stjerne gennemløber under den daglige Omdrejning, kaldes dens **Dag- eller Døgn-cirkel**. Storcirklen gennem Stjernen vinkelret paa Ækvator, kaldes Stjernens **Deklination-cirkel**. Buestykker paa denne maaler vi i Grader, Buestykker paa Ækvator maaler vi ligeledes i Grader eller — noksaa hyppigt — i nogle andre Enheder, vi kalder »Timer«, af hvilke der gaar 24 paa en hel Omdrejning. Hver Time deles igen i 60 Tidsminuter, og hvert Minut igen i 60 Sekunder. Sammenhængen mellem Bue-maalet og Tidsmaalet bliver altsaa:

$$\begin{aligned} 1^t &= 15^\circ \\ 60^m &= 15 \times 60' \\ 1^m &= 15' \\ 60^s &= 15 \times 60'' \\ 1^s &= 15'' \end{aligned}$$

Stjærnens to Bestemmelser, eller — som de kaldes — Koordinater med Hensyn til Ækvator hedder **Deklination** og **Rektascension**.

Ved Deklinationen forstaas: den Bue paa Deklinationsscirklen, der ligger mellem Stjærnen og Deklinationsscirkelens Skæringspunkt med Ækvator. Den regnes fra 0° til 90° , pos. og neg., eller nordlig og sydlig, efter som Stjærnen ligger nord eller syd for Ækvator. — Ved Rektascensionen forstaas: den Bue paa Ækvator,

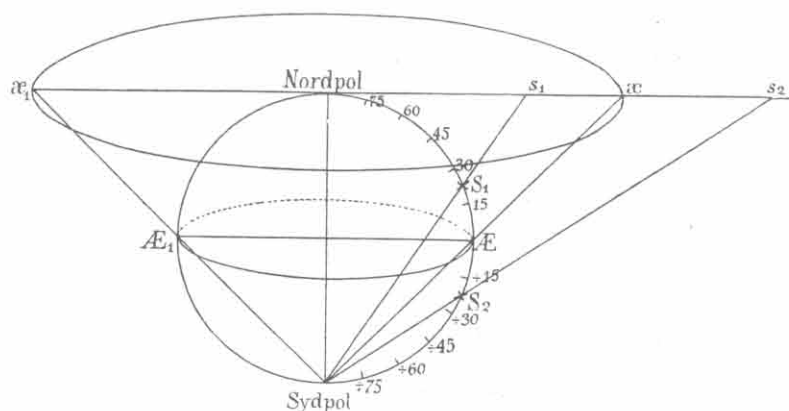


Fig. 3.

der ligger mellem Nulpunktet og Deklinationsscirkelens Skæringspunkt med Ækvator, regnet fra Nulpunktet mod Øst, altsaa mod den daglige Bevægelse, lige fra 0° til 360° eller fra 0^h til 24^h . A's Rektascension (Fig. 2) er altsaa Stykket $0A_1A_2$ eller 18^h . Hvorledes Ækvators Nulpunkt er valgt, kommer vi senere til.

I Stedet for at bestemme Stjærnens Plads ved Deklinationen Aa kan vi ogsaa bestemme den ved Afstanden AP fra Polen, der kaldes **Poldistancen** og er Komplement til Deklinationen.

De samme Koordinater genfinder vi paa Kortet. Dette er tegnet i saakaldet stereografisk Projektion (Fig. 3). Himlen tænkes iagttaget fra dens Sydpol; til Nordpolen

tænkes endvidere lagt et Tangentplan, og paa dette projiceres Stjærnerne ud ved Hjælp af Synslinjerne.

Ækvator projiceres som Cirklen $a\alpha_1$ med Nordpolen som Centrum; Stjærnen S_1 projiceres som s_1 og S_2 som s_2 ; Deklinationsscirklerne viser sig altsaa som rette Linjer vinkelrette paa Ækvator. Vi kan følgelig paa Kortet aflæse en Stjærnes Rektascension, naar vi gennem Stjærnen trækker en ret Linje fra Polen til Ækvator. Tallene, der maaler Rektascensionerne, gaar her med Viserne i Stedet for som paa Globen mod Viserne; dette kommer sig af, at Kortet er tænkt holdt oven over Ens Hoved. — Medens Rektascensionerne direkte kan aflæses paa Kortet, er det samme ikke Tilfældet med Deklinationerne, idet Maalestocken bliver forskellig i forskellige Afstande fra Polen. Dette fremgaar af Fig. 3, hvor de to Deklinationer ES_1 og ES_2 er numerisk lige store, men Projektionen af den neg. Deklination meget større end af den pos. Ved Aflæsning paa Kortet faar vi altsaa kun en omtrentlig Besked paa Deklinationens Størrelse. Vi lægger Mærke til, at Stjærner med neg. Deklination bliver afsatte udenfor Ækvator.

3. Den daglige Omdrejning.

Ved **Vertikalen** forstaas: en Linje trukken i Lodlinjens Retning; den ender paa Himlen i Zenith og Nadir; Zenith er det Punkt paa Himlen, man har lige over Hovedet.

Ved **Horizontens Plan** forstaas: en Plan gennem Iagttagelsesstedet vinkelret paa Vertikalen; den fremstilles ved en stillestaaende Vædskeoverflade, f. Eks. en Kviksølvoverflade. Horizonten eller Horizontlinjen er Skæringslinjen mellem Horizontens Plan og Himmelkuglen. Verdensaksens Hældning mod Horizonten er, som det senere

skal blive vist, lig med Stedets geografiske Bredde, i København altsaa $55^{\circ} 41'$.

Meridianens Plan er et Plan bestemt ved Verdensaksen og Vertikalen. Meridianen er den Storcirkel, hvori Meridianplanet skærer Himmelhvælvingen. I hestaaende Fig. 4 er Papirets Plan Meridianens Plan, eftersom baade Vertikalen og Verdensaksen ligger i det. SØNV er Horizonten, og \mathcal{AE} Ækvator.

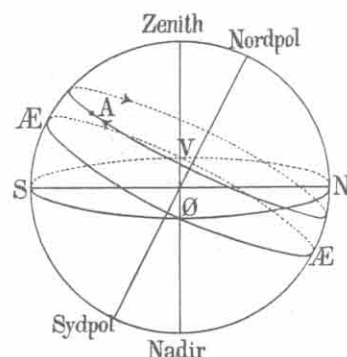


Fig. 4.

Skæringslinjen mellem Horizontens Plan og Meridianens Plan eller Linjen *SN* kaldes **Middagslinjen**. Den ender ude i Horizonten i Nordpunkt og Sydpunkt, Nordpunkt nærmest Nordpolen. Den kaldes derfor ogsaa Nord-Sydlinjen. 90° fra disse to Punkter, ude i Horizonten, ligger Østpunkt og Vestpunkt; igennem disse to Punkter af Horizonten gaar Ækvator.

Ved en Stjærnes Dag- eller Døgncirkel forstaas, som tidligere nævnt, den Cirkel, Stjærnen gennemløber under den daglige Omdrejning. Paa Figuren er den Cirkel, der ligger parallel med Ækvator, Stjærnen A's Dagcirkel. Pilene angiver den daglige Omdrejningsretning; Stjærnen staar op paa den østlige Side i det Punkt, hvor den optrukne Del af Dagcirklen skærer den optrukne Del af Horizonten; den gaar ned paa den vestlige Side, hvor de to punkterede Linjer skærer hinanden. Den Del af Dagcirklen, der ligger over Horizonten, kaldes Dagbuen, den Del, der ligger under Horizonten, kaldes Natbuen.

Under den daglige Omdrejning kommer Stjærnen to Gange til at passere Meridianen eller, som det hedder, **kulminere**. Den Kulmination, der foregaar øverst paa Himlen, altsaa nærmest ved Zenith, kaldes den øvre, den der foregaar nærmest ved Nadir, kaldes den nedre. Hvis en Stjærnes

Poldistance fra den synlige Pol er mindre end dennes Afstand fra Horizonen — altsaa mindre end Stedets geografiske Bredde, vil den hele Tiden være over Horizonen; en saadan Stjerne kaldes **circumpolar** om den synlige Pol. En Stjerne, hvis Afstand fra den usynlige Pol er mindre end Bredden, kommer aldrig over Horizonen. Bevæger en Stjerne sig i Ækvator, staar den op lige i Øst og gaar ned lige i Vest, Dagbue og Natbue er altsaa lige store. For Stjerner med pos. Deklination er Dagbuen større end Natbuen, det omvendte er Tilfældet for Stjerner med neg. Deklination.

4. En Stjærnes Koordinater med Hensyn til Horizonten.

Medens en Stjærnes Plads i Forhold til Ækvator og Pol er uforandret den samme under den daglige Omdrejning, idet Stjærnen bevæger sig parallel med Ækvator, og dennes Nulpunkt følger med, er det anderledes med Stjærnens Plads i Forhold til Horizont og Meridian. Stjærnen staar op, kulminerer og gaar ned, dens Plads paa Himlen skifter derfor uafsladelig under den daglige Omdrejning. I den praktiske Astronomi kan man imidlertid ikke nøjes med at vide Besked med en Stjærnes Plads i Forhold til Ækvator eller de øvrige Stjærnebilleder, her maa man tillige nøje kunne angive, hvor højt paa Himlen og hvor langt fra Meridianen den til enhver opgiven Tid staar. Denne Bestemmelse kan vi foretage med det i Fig. 5 afbildede Apparat. Det bestaar af to Plader af Træ eller Zink; paa hver af dem er der en Cirkel, delt i hele Grader, og i Centrum af hver af Cirklerne er der boret et Hul. Den ene har desuden en Tap, ved Hjælp af hvilken den kan anbringes lodret i den anden og ved en Viser pege paa dennes Ind-

delinger. I Centrum af den lodrette Cirkel kan anbringes en Kikkert eller — som i Figuren — en Diopter, d. v. s. en Lineal, der i den ene Ende bærer et Traadkors, i den anden et fint Sigtehul. Diopteren giver Sigteretningen til et Punkt, naar man ved at kikke gennem Hullet ser vedkommende Punkt over et med Traadkorset; er det Solen, hvis Stilling det gælder om at finde, bringes Skyggen af Traadkorset til at falde med Krydsningspunktet over et med Hullet. Har vi paa denne Maade faaet indstillet paa Stjærnen eller Solen, kan vi paa den lodrette Gradbue umiddel-

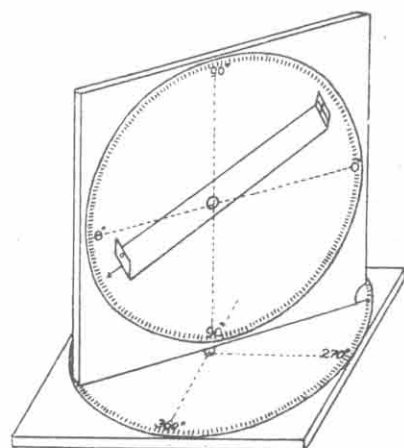


Fig. 5.

bart aflæse, hvor højt paa Himlen den staar, d. v. s. hvilken Vinkel Sigtelinjen til Stjærnen danner med Horizonten. Det næste visaa maa have afgjort er, hvorledes det lodrette Sigteplan ligger i Forhold til Meridianen. Vi maa da vide Besked med, hvor Nord-Sydlinjen gaar paa den vandrette Gradbue. Dette kan vi finde ved Hjælp af Solen, men indtil videre kan vi tænke os

sigter lige mod Syd, og drejer det dernæst, indtil det staar lige ud for Stjærnen; den Vinkel, vi har drejet Planet ud fra Sydpunktet, og som vi kan aflæse paa den vandrette Gradbue, bestemmer da i Forening med Vinklen paa den lodrette Gradbue fuldstændig Stjærnens Plads i Forhold til Meridian og Horizont i Observationsøjeblikket.

De to Koordinater hedder **Højde** og **Azimuth**. Ved Højden forstaas: den Vinkel, som Sigtelinjen til Stjærnen danner med Horizonten, og ved Azimuth forstaas: den Vinkel, som det lodrette Sigteplan danner med Meridianens Plan, regnet ud fra Sydpunktet. Højden regnes fra 0 til 90° , pos. over Horizonten og neg. under denne; Azimuth regnes fra 0 til 180° , hvorfor man maa skelne mellem østlig og vestlig Azimuth.

Paa Fig. 6 er Cirklen SZN Meridianen, og A en Stjerne, hvis Plads i Forhold til denne og Horizonten vi skal bestemme. OA er Sigtelinjen til Stjærnen; for at faa dens Vinkel med Horizontens Plan lægger vi Storcirklen ZAB gennem Stjærnen, Zenith og Nadir, altsaa vinkelret paa Horizonten, den kaldes Højdecirklen; Linjen OB er da Sigtelinjens vandrette Projektion, og $\angle AOB$ er Stjærnens Højde. Denne maales ved Buen AB , og Højden kan derfor ogsaa defineres som: den Bue paa Højdecirklen, der ligger mellem Stjærnen og Højdecirkelns Skæringspunkt med Horizonten. Azimuth er $\angle SOB$ eller — ude paa Kuglen — SZB ; begge maales ved Buen SB ; Azimuth kan derfor ogsaa defineres som: den Bue paa Horizonten, der ligger mellem Sydpunktet og Højdecirkelns Skæringspunkt med Horizonten.

I Stedet for at angive, hvor højt Stjærnen ligger over Horizonten, kan vi ogsaa angive, hvor langt den ligger fra Zenith eller Buen AZ ; denne kaldes Stjærnens **Zenithdistance**;

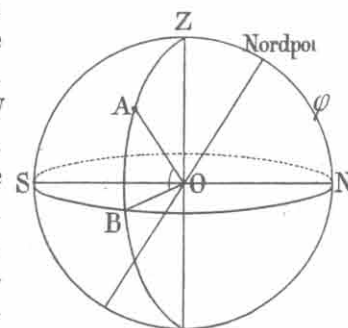


Fig. 6.

den er Komplement til Højden og regnes fra 0° til 180° . — Buesykket φ , der giver os Verdensaksens Hældning mod Horizonten eller Polens Højde over denne, kaldes **Polhøjden**; denne er som tidligere nævnt lig med Stedets geografiske Bredde.

Det blev sagt ovenfor, at Nord-Sydlinjens Retning paa den vandrette Gradbue kunde vi finde ved Hjælp af Solen. Dette kan f. Eks. ske paa den Maade, at vi sigter til Solen et Par Timer, før den kulminerer, og aflæser Indeksens Stilling paa den vandrette Bue; naar vi dernæst atter sigter til Solen et Par Timer efter Middag, idet vi venter, til vi med samme Stilling af Diopteren kan faa det lodrette Plan stillet saaledes, at Skyggen af Traadkorsets Krydsningspunkt atter dækker Diopterhullet, da maa Solen paa ny have samme Højde som før, den maa da have samme Azimuth eller ligge lige saa langt vest for Meridianen, som den før laa øst for; Nord-Sydlinjen maa da ligge midt imellem, og Sydpointet være bestemt ved Middeltallet af de to Aflæsninger. Denne Metode kaldes de korresponderende Højders Metode. — (Vi gik ovenfor ud fra, at vi paa den lodrette Gradbue umiddelbart kunde aflæse Højden; dette forudsætter dog, at Buens 00-Linje er ganske vandret; for at kontrollere, hvorvidt dette er Tilfældet, stiller vi en Skaal med Kviksølv neden under Diopteren, og vender denne sidste saaledes, at Hullet er opad og Traadkorset nedad; ved at sigte gennem Hullet ser vi da et Spejlbillede af Korset i Kviksølvet; men ved at stille paa Diopteren kan vi opnaa at faa Traadkorset til at falde sammen med Billedet. I denne Stilling er Sigtelinjen lodret, og nu kan vi da se Fejlen paa 90 Stregen og dermed ogsaa paa Nulstregerne.)

Hvorledes Apparatet skal udføres, naar det skal bruges til Præcisionsmaalinger, skal vi ikke komme ind paa. — Saafremt Apparatet kun har den lodrette Cirkel, kan det kun bruges til Maaling af Højder eller Zenithdistancer, det kaldes i saa Fald en **Vertikalcirkel**; har det blot den vand-

rette Bue, kan det kun maale Azimuth, og kaldes da en **Theodolith**; har det begge Buer, kaldes det et **Universalapparat**.

5. Timevinkel.

Foruden ved Azimuth kan en Stjærnes Afstand fra Meridianen ogsaa bestemmes ved den saakaldte **Timevinkel**; herved forstaas: **den Vinkel, som Deklinationscirklen har beskrevet siden sidste øvre Kulmination**. I Fig. 7 er A's Timevinkel den Vinkel, der maales ved Buen $\text{Æ}_1\text{EA}_1$; havde A ligget bag Papirets Plan, havde Timevinklen været at maale ved $\text{Æ}_1\text{A}_1$. Timevinklen maales i Grader eller i Timer ligesom Rektascensionen. Vi kan regne os til Timevinklens Størrelse, naar vi ved, hvornaar Stjærnen kulminerer. Antag f. Eks., at Stjærnen kulminerer Kl. 2 E., og Klokken i Øjeblikket er 6 E., da er der forløbet 4 Timer siden Kulminationen, og saafremt nu Stjærnen gik en Gang rundt i 24 Timer, vilde Timevinklen være 4 Timer, imidlertid bruger Stjærnen kun $24^{\text{t}} \div 3^{\text{m}}56^{\text{s}}$ til et Omløb, og vi har derfor, at $24^{\text{t}} \div 3^{\text{m}}56^{\text{s}}$ paa vort Ur er lig 24 Stjærnetimer, eller hver Urtime er lig

$$\frac{24}{24^{\text{t}} \div 3^{\text{m}}56^{\text{s}}} \text{ Stjærnetimer.}$$

Med dette Forhold, der er lig 1,0027, maa vi følgelig multiplicere de 4 Timer eller den Tid, som vort Ur viser, der er forløbet siden Kulminationen.

Er V Ækvators Nulpunkt, da er $\text{V}\text{Æ}\text{EA}_1$ Rektascensionen. Anbringer vi en Stjerne til paa Figuren og søger dens Timevinkel og dens Rektascension, vil vi se, at to Stjærners Rektascensionsforskkel er lig deres Forskel i Timevinkel.

Paa Observatorierne har man store Kikkerter opstillede

nøjagtig i Meridianens Plan; ved Hjælp af en saadan og et nøjagtigt Ur kan man finde Klokkeslettet for de forskellige Stjærners Kulmination, og derved deres Rektascensionsforskell. Herved bliver man da i Stand til paa en Globus eller et Kort at afsætte de forskellige Deklinationscirkler i deres rigtige indbyrdes Stillinger, idet den første afsættes ganske vilkaarligt. For at kunne afsætte Stjærnerne selv mangler vi Deklinationerne eller Polafstandene. Disse kan man paa Observatorierne bestemme ved det samme store Kikkertapparat, idet man sigter til Stjærnen, naar den kul-

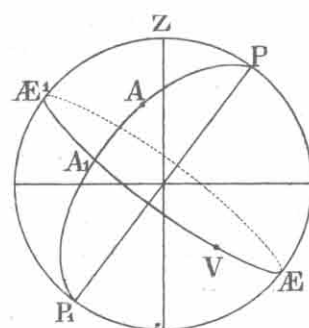


Fig. 7.

minerer, og aflæser Kikkertens Stilling overfor en lodret Gradbue. Instrumentet maa vi altsaa tænke os som den lodrette Del af Apparatet Fig. 5, naar dette blev opstillet i Meridianens Plan. Instrumentet kaldes en **Meridiancirkel**. Hvis man nu i Forvejen har fundet Kikkertens Stilling, naar den sigter mod Polen, kan man paa Gradbuen direkte aflæse Polafstanden. Den Stilling, Kikkerten skal staa i, naar den peger mod Polen, findes ved Hjælp af en Circumpolarstjerne, idet der sigtes til denne baade i dens øvre og i dens nedre Kulmination; midt imellem de to Retninger ligger Retningen til Polen. — Er Deklinationerne bestemte, er vi altsaa i Stand til at gøre Globen eller Kortet færdigt, for saa vidt som vi nu kan faa Stjærnerne afsatte i deres rigtige indbyrdes Stillinger. Hvorledes det Punkt, hvorfra Rektascensionerne regnes ud, bestemmes, kommer vi til i en følgende Paragraf.

6. Bestemmelse af Tiden for en Stjærnes Kulmination, Op- og Nedgang ved Hjælp af Kortet.

Naar vi har afsat Stjærnerne med deres rigtige Koordinater paa en Globus eller et Kort, kan vi ifølge det ovenfor staaende finde Tiden for deres Kulminationer, naar vi ved, hvornaar en af dem kulminerer. Ved vi f. Eks., at Regulus, hvis Rectascension paa det nærmeste er 10^h (se Kortet), en Nat kulminerer Kl. 12, da ved vi for det første, at det samme er Tilfældet med de Stjærner, der staaar paa samme Deklinationcirkel som denne, og da endvidere Himlen drejer sig mod Tallene paa Kortet, saa maa de Stjærner, der staaar ud for 11, kulminere 1 Time senere (naar vi ikke tager Hensyn til den ubetydelige Forskel, der er paa vore Urtimer og Rektascensionstimerne), medens de Stjærner, der staaar ud for 9, kulminerer 1 Time før Midnat. Altsaa jo større Tal, des senere Kulminationstid. Spika, der omtrent staaar ud for 13, maa folgelig kulminere Kl. 3 den følgende Morgen, medens Betelgeuze, der omtrent staaar ud for $5\frac{3}{4}$, kulminerer Kl. $7\frac{3}{4}$ om Eftermiddagen. Dette er altsammen efter den Regel, vi kom til i forrige Paragraf, at Rektascensionsforskellen er lig med Forskellen i Timevinkel. — Det viser sig imidlertid, naar man studerer Himlen, at en Stjerne kulminerer ikke hver Aften hele Aaret rundt paa den samme Tid, med andre Ord: det Punkt af Ækvator, der kulminerer ved Midnatstid, »Midnatspunktet«, skifter fra Dag til Dag. Hvilket Punkt, der er Midnatspunkt den paagældende Dag, kan vi se i Kalenderen af Tabel I, der hører til Kortet. Her ser vi opført en Række Datoer, og ved Siden af dem Tallene paa Ækvator; Meningen er, at paa den og den Dato er det paagældende Tal Midnatspunkt og staaar altsaa Kl. 12 Nat lige i Syd. »Middagspunktet« maa folgelig være det Tal, der er 12 større eller lavere. Det fremgaar af Tabellen, at i

Løbet af 14 eller 15 Dage skifter Midnatpunktet med 1 Time eller med omtrent 4 Minutter om Dagen. Ønsker vi derfor Besked om Midnatpunktet paa en anden Dag end en af de opførte, da behøver vi blot at tælle Dagene fra en af de Datoer, den ligger imellem. Den 20. Febr. f. Eks. er 10 Midnatpunkt, den 25. bliver det altsaa 10^{20} . Har vi paa den Maade fundet, hvornaar en Stjerne kulminerer, kan vi, — som vist i foregaaende Paragraf — angive dens Timevinkel, hvilket kan hjælpe os til at finde den paa Himlen. Vi vender os i saa Fald først mod Polarstjernen, derved har vi Nord, og altsaa ogsaa Syd, med andre Ord Meridianen paa Himlen; er Klokken i Øjeblikket f. Eks. 10, og den Stjerne, vi ønsker at finde, skal kulminere Klokken 1 efter Midnat, da maa den altsaa staa 3^t eller 45° fra Meridianen paa den østlige Side af denne, maalt paa Dagskirklen eller paa Ækvator. Denne Oplysning i Forbindelse med, hvad vi ellers ved om Udseendet af det Stjernebillede, den ligger i, kan hjælpe os til at finde Stjernen.

Har vi fundet, hvornaar en Stjerne kulminerer en Dag, da kan vi ved Hjælp af Kalenderen endvidere finde, hvornaar den vil staa op eller gaa ned. I Tabel II, der hører til Kortet, staar nemlig opført for en Del Stjærners Vedkommende, hvor lang deres halve Dagbue er, altsaa hvor lang Tid der gaar fra Opgang til Kulmination eller fra Kulmination til Nedgang. Ekspl.: Hvornaar staar Sirius op den 25. Febr., og hvornaar gaar den ned? Den 25. Febr. er, som vi saa, Punktet 10^{20} Midnatpunkt. Sirius staar ud for $6\frac{2}{3}$ eller 6^{40} , den kulminerer altsaa $3^t 40^m$ før Midnat eller Kl. 8^{20} E. I Følge Tabel II er dens halve Dagbue $4^t 21^m$; den staar altsaa op Kl. 3^{59} E. og gaar ned Kl. 12^{41} F.

Hvorledes det er muligt at beregne den halve Dagbue, fremgaar af Fig. 8. Stjernen S er i Færd med at staa op; tegnes Deklinationsskirklen PS, da bliver $\angle t$ den Vinkel, vi skal finde. Trækkes endvidere Højdecirklen ZS, opstaar der en saakaldet sfærisk Trekant ZPS, d. v. s. en Trekant,

hvis Sider er Storcirkelbuer. Om en saadan lærer man i Matematiken, at naar man kender de tre Stykker, kan man finde de andre. Nu kender vi her ZS, der er 90° , ZP, der er $90^\circ - \varphi$, altsaa Komplement til Polhøjden eller Stedets geografiske Bredde, og SP, der er Komplement til Deklinationen. Vi kender altsaa de tre Sider, og kan følgelig finde t . Hvis Stjernen har Deklinationen 0, falder dens Dagskirkel sammen med Ækvator; den staar da op lige i Øst, og den halve Dagbue bliver 6^t . Ligger Stjernen over Ækvator, bliver den halve Dagbue mere end 6^t , og ligger den under Ækvator, bliver den halve Dagbue mindre end 6^t , hvad en Sammenligning mellem Kort og Tabel ogsaa vil vise.

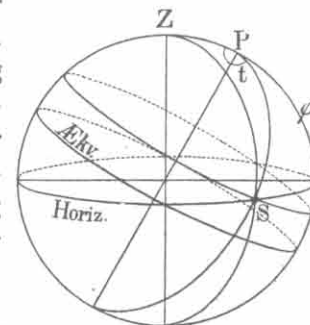


Fig. 8.

Bestem en stjerneklar Aften ved Hjælp af Kortet og Øvelse. Tabellerne Tiden for forskellige Stjærners Kulmination, Op- og Nedgang, samt deres Afstand fra Meridianen i Observationsøjeblikket og find dem dernæst paa Himlen.

7. Solen og Ekliptika.

Paa Grund af Solens stærke Lys kan vi ikke direkte se, hvilke Stjærner den staar imellem; men dens Plads paa Himlen kan vi dog nok faa bestemt alligevel. Dens Deklination kan nemlig bestemmes i Kulminationsøjeblikket ved det før nævnte Meridianinstrument, og dens Deklinationsskirkels Beliggenhed kan vi finde, naar vi noterer os Tiden for dens Kulmination og senere, naar det er blevet tilstrækkelig mørkt, Tiden for en Stjærnes Kulmination; vi faar

derved dens Plads bestemt og kan indføre den paa vort Kori eller Globus. Foretager vi nu denne Bestemmelse til forskellige Tider, viser det sig, at Solen skifter Plads, saa at den paa en Tid af Aaret staar mellem andre Stjærner end paa en anden. Vi kan følge denne Solens Vandring paa Himlen ved Hjælp af Kalenderkortet og dettes Tabel I. Ved Hjælp af denne kan vi nemlig se, hvilke Stjærner der kulminerer ved Midnatstid, og da nu Solen kulminerer omtrent Kl. 12 Middag, maa den staa paa den modsatte Side af Himlen. Den 21. Septbr. er 0 Midnatspunkt, Solen staar, da i Nærheden af 12; den 6. Oktbr. er Midnatspunktet rykket hen til 1, Solen maa da have flyttet sig hen til 13; atter 15 Dage senere er den rykket hen til 14 o. s. v.; den gaar altsaa stadig mod Øst Himlen 1 Gang rundt i Løbet af et Aar. Solens Deklination, som ogsaa er foranderlig, staar opført i den forreste Del af Kalenderen for hver Dag; den har sin største Værdi den 21. Juni, da den er $+23^{\circ}27'$, og sin mindste den 21. Decbr., da den er $-23^{\circ}27'$, den 21. Marts og den 23. Septbr. er Deklinationen 0. Tegner vi Solbanen ind paa Globen, viser den sig at være en Storcirkel hældende $23^{\circ}27'$ mod Ækvator; den kaldes **Ekliptika**. Den skærer Ækvator paa to Steder; af Kortet ser vi, at dette finder Sted i Punkterne 0 og 12, og vi faar da herved den tidligere bebudede Bestemmelse af Ækvators Nulpunkt, hvorfra Rektascensionerne er regnede ud; det er nemlig fastslaaet, at det skal være det ene af Skæringspunkterne mellem Ekliptika og Ækvator — det Skæringspunkt, hvor Solen gaar over fra neg. til pos. Deklination.

Af Kortet ser vi endvidere, at Solen i Aarets Løb kommer igennem følgende 12 Stjernebilleder, den saakaldte Dyrekreds: Vædderen, Tyren, Tvillingerne, Krebsen, Løven, Jomfruen, Vægten, Skorpionen, Skytten, Stenbukken, Vandmanden og Fiskene. Ekliptika deler man i 12 Buer, hver paa 30° , regnede ud fra Punktet 0; de kaldes med et fælles Navn de 12 Himmeltegn, og deres Navne er ganske de samme som Dyrekredsens Stjernebilleder, altsaa: Vædderen, Tyren, Tvil-

lingerne o. s. v. Dog gaar et Himmeltegn ikke gennem det Stjernebillede, der har samme Navn; dette kommer af, at Punktet 0 skal være Nulpunkt eller Begyndelsespunkt for Himmeltegnet Vædderen, hvorefter de andre Nulpunkter følger efter i Retning mod Øst med den konstante Afstand af 30° fra hinanden. Medens Skæringspunktet mellem Ækvator og Ekliptika oprindeligt — for ca. 2000 Aar siden, da Oldtidens Astronomer indførte disse Navne — faldt i Stjernebilledet Vædderen, er der i Tidens Løb af Grunde, vi først kan komme ind paa senere, sket en Forrykning, en Bevægelse, der stadig fortsættes. Denne Flytning er ikke

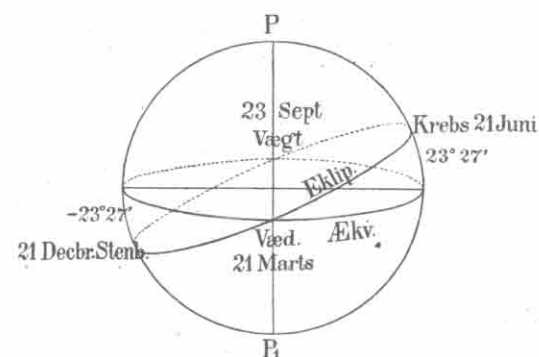


Fig. 9.

ret stor aarlig — omtrent $50''$ —, men i de mange Aar er den dog bleven til ca. $30''$, saaledes at Himmeltegnet Vædderen nu strækker sig gennem Stjernebilledet Fiskene.

Solen har altsaa en dobbelt Bevægelse: foruden at deltage i Himlens daglige Omdrejning, skal den i Løbet af et Aar bevæge sig 1 Gang rundt mod Øst, mod den daglige Bevægelse. Idet Deklinationen stadig forandrer sig, kommer Dagecirklerne herved til at ligge i forskellige Afstande fra Ækvator, og Solens Kulminationshøjder bliver derved forskellige, en Omstændighed, der netop betinger Aarstidernes Vekslen. I Fig. 9 er Ækvator og Ekliptika indtegnet, og det ses her, hvorledes Deklinationen forandrer sig; sammenholder vi denne Figur med Fig. 10, der giver Horizont og Meridian for et Sted paa omtrent vor

Breddegrad, ser vi Kulminationshøjdens Skiften med Aars-tiden. Den 21. Marts er Solen i Vædderens Nulpunkt, Dagcirklen falder da sammen med Ækvator, Solen staar op lige i Øst og gaar ned lige i Vest; Dag og Nat er lige lange, vi har Foraarsjævnøgn. Den 21. Juni er Solen 90° herfra, i Krebsens Nulpunkt; Deklinationen er da størst, nemlig lig med Hældningen eller, som den kaldes, Ekliptikas Skraahed $23^\circ 27'$; Solen staar op i Nordøst og gaar ned i Nordvest; det er den længste Dag, den kaldes Som-

mersolhverv. Den 23. Septbr. er Solen i Vægtens Nulpunkt, det andet Skæringspunkt mellem Ækvator og Ekliptika; Solen bevæger sig da atter i Ækvator, staar op lige i Øst og gaar ned lige i Vest, Dag og Nat lige lange; vi har Efteraarsjævnøgn. Deklinationen bliver nu mere og mere neg., og den 21. Decbr., da Solen er i Stenbukkens Nulpunkt, er den $-23^\circ 27'$; Solen staar op i

Sydøst og gaar ned i Sydvest, vi har den korteste Dag eller Vintersolhverv. Vædderens og Vægtens Nulpunkter kaldes derfor Jævnøgnspunkterne, Krebsens og Stenbukkens Nulpunkter Solhvervspunkterne.

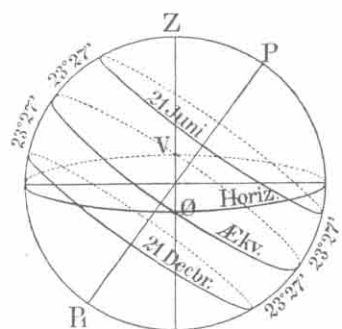


Fig. 10.

8. Sand Soltid og Middeltid.

Det er Solen, der betinger Forskellen paa Dag og Nat, det er i det hele taget Solen, hvorefter vi inddeler vor Tid. Ved et Aar forstaas: Tiden, der gaar, fra Solen er i Vædderens Nulpunkt, til den næste Gang er i Vædderens Nulpunkt. Ved en sand Soldag forstaas: den

Tid, der forløber mellem to paa hinanden følgende øvre Kulminationer af Solens Centrum. Den regnes at begynde paa et Sted i det Øjeblik, Solen passerer Stedets Meridian i øvre Kulmination. At angive, hvad Klokken er i sand Soltid, vil sige: at angive Solcentrets Timevinkel maalt i Tid. Er altsaa A paa Fig. 7 Solen, da er dens Timevinkel $\angle E_1 A E A_1$, og denne Bue maalt i Tid er Klokkeslettet efter sand Soltid; er den f. Eks. 300° , da er Klokken 20. — Imidlertid er der den kedelige Omstændighed i Vejen for at lade vore Ure gaa efter Solen, at de enkelte Soldøgn ikke er lige lange. Ser vi efter i Kalenderen, hvornaar Solen kulminerer den ene Dag, og hvornaar den kulminerer den følgende, finder vi Længden af en Soldag; men gør vi det samme Regnestykke for en Dag paa en anden Tid af Aaret, vil vi faa enten en lidt større eller lidt mindre Værdi. Grunden hertil forstaar vi ved Betragtning af Fig.

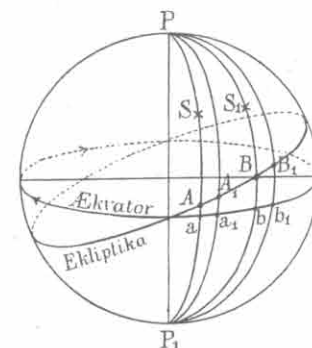


Fig. 11.

11. Lad A forestille Solen og S en Stjerne paa samme Deklinationcirkel, de er altsaa begge i Færd med at passere den Meridian, med hvilken Deklinationcirklen i Øjeblikket falder sammen. Da Himlen drejer sig med konstant Hastighed, er det bedst at sammenligne Soldagens Længde med den Tid, Himlen bruger om et Omløb — altsaa med Tiden mellem to paa hinanden følgende øvre Kulminationer af en og samme Fiksstjerne, en saakaldet Stjærnedag eller et Stjærnedøgn. Der er altsaa gaaet en Stjærnedag, naar S har gaaet 1 Gang rundt i Pilenes Retning, og er kommen tilbage til Meridianen igen; Solen har ogsaa bevæget sig parallel med Ækvator i Pilenes Retning, men desforuden har den bevæget sig et Stykke i Ekliptika i modsat Retning, saaledes at naar Stjærnen er i Meridianen, er Solen ikke kommet længere end til Stillingen A_1 ; det varer derfor lidt endnu, inden Soldøgnet er omme, nemlig saa lang Tid som det tager,

inden Deklinationscirklen PA_1P_1 falder sammen med Meridianen, altsaa Buestykket aa_1 maalt i Tid. Paa en anden Tid af Aaret staar Solen i Stillingen B paa Deklinationscirkel sammen med Stjærnen S_1 og flytter sig i Løbet af et Stjærnedøgn fra B til B_1 ; nu er Soldøgnet altsaa Stykket bb_1 længere end Stjærnedøgnet. De to Stykker aa_1 og bb_1 er imidlertid ikke lige store — behøver i hvert Fald ikke at være det, og det af to Grunde. For det første er Solens Bevægelse i Ekliptika af en Grund, vi senere kommer til, ujævn; de to Stykker AA_1 og BB_1 er altsaa ikke lige store; for det andet: selv om disse to Stykker var lige store, vilde aa_1 og bb_1 ikke være lige store, eftersom Ekliptika ikke er parallel med Ækvator. Denne sidste Omstændigheds Indflydelse ser man tydelig ved foruden Ekliptika at tegne flere andre Storcirkler med forskellig Hældning mod Ækvator.

Vore Ure kan følgerig ikke gaa efter sand Soltid; men da vi imidlertid ikke godt kan undvære Solen i vor daglige Tidsregning, har man søgt at udjævne de ovennævnte Forskelligheder ved at regne med en saakaldet Middeltid, der følger den sande Soltid saa nøje som muligt, men hvor alle Dage er lige lange. Den knyttes til en saakaldet Middelsol, der tænkes at bevæge sig i Ækvator — i Stedet for i Ekliptika — med jævn Fart 1 Gang rundt mod Øst i Løbet af et Aar, følgende den sande Sol saa nær som muligt. Den er saaledes befriet for begge de to Fejl, som den sande Sol besidder. Ved en **Middelsoldag** forstaas da: Tiden mellem to paa hinanden følgende øvre Kulminationer af Middelsolen, og at angive, hvad Klokken er i Middeltid, vil sige: at angive Middelsolens Timevinkel maalt i Tid. Tiden er da angivet i vedkommende Steds Stedtid (i Modsætning til Zonetid eller Nationaltid, se senere). Forestiller V paa Fig. 7 en Stilling af Middelsolen, da er Klokken i Middeltid i det paagældende Øjeblik altsaa lig $\angle AEV$ maalt i Tid; er denne Bue f. Eks. 210° , da er Klokken altsaa 14. Borgerligt plejer man dog ikke at regne Dagen ud fra Middagsmeridianen, men fra Midnatsmeridianen, altsaa lade Dagen begynde ved Mittel-

solens nedre Kulmination, og regne Klokkeslettet fra 0 til 12 F. og E., i Stedet for fra 0 til 24, som Astronomerne gør; i Eksemplet ovenfor er altsaa Klokken 2 F.

Der bliver en lille Forskel paa Middeltid og sand Soltid, den kaldes Tidsækvationen; nærmere defineret er den: det, man skal lægge til sand Soltid for at faa Middeltid. Er Tidsækvationen f. Eks. 5 Min., da er Middeltiden 5 Min. forud for den sande Soltid; naar f. Eks. den sande Sol kulminerer, er Klokken i sand Soltid 12, i Middeltid er den altsaa $12^h 5^m$; er Tidsækvationen $\div 5$ Min., kulminerer Solen Kl. $11^h 55^m$. — Hvorledes Astronomerne bærer sig ad med at regne Tidsækvationen ud for hver Dag i Aaret, skal vi ikke komme ind paa, men blot se, hvorledes vi i Kalenderen kan aflæse dens Størrelse. I det lige nævnte Eksempel saa vi, hvorledes vi kunde finde, hvornaar Solen kulminerede, naar vi kendte Tidsækvationen; omvendt maa vi altsaa af Tiden for sand Middag kunne finde Tidsækvationen. Ved vi f. Eks., at Solen kulminerer Kl. $12^h 10^m$, da maa Tidsækvationen være 10^m ; kulminerer Solen Kl. $11^h 55^m 40^s$, da er Tidsækvationen $\div 4^m 20^s$. Tiden for sand Middag i København staar nu opført for hver Dag i Aaret i vor Kalender, men den Tid, vi bruger her i Landet, er imidlertid ikke Københavns Stedtid, men den saakaldte Zonetid, som er $9^m 41^s$ forud for Københavns Tid; for af Tiden for sand Middag at kunne udlede Tidsækvationen, maa vi derfor først subtrahere de $9^m 41^s$; vi faar da Tiden for Solkulminationen efter Københavns Stedtid, og Forskellen mellem denne og Kl. 12 giver os Tidsækvationen.

Eks. 1. Sand Middag Kl. $12^h 11^m 48^s$; efter Københavns Tid er dette $12^h 2^m 7^s$. Tidsækvationen altsaa $2^m 7^s$.

Eks. 2. Sand Middag Kl. $11^h 56^m 57^s$; efter Københavns Tid: $11^h 47^m 16^s$, Tidsækvationen lig $\div 12^m 44^s$.

Tidsækvationen bliver højst $\pm 16^m$, den skifter Fortegn 4 Gange om Aaret. — Da Middelmiddag og sand Middag som Regel ikke falder sammen, bliver den borgerlige Formiddag og Eftermiddag ikke lige lange; Formiddagen regnes fra Solopgang til Kl. 12, og Eftermiddagen fra 12 til Solnedgang;

falder sand Middag efter Kl. 12, bliver Formiddagen altsaa kortere end den halve Dag, og Eftermiddagen længere. Dette er f. Eks. Tilfældet i Begyndelsen af Aaret, og da Tidsækvationen paa denne Tid tilmed er voksende, hvad man kan se af Almanaken, kommer Dagen til at tiltage mere om Eftermiddagen end om Formiddagen, hvilket tydeligt fremgaar af efterstaaende Skema (for 1907).

Dat.	Sol-Opg.	Kulmination	Sol-Nedg.	Formidd. Længde	Form. Tilvækst	Eftm. Længde	Eftm. Tilvækst
1	8—42	12-12-59	3—44	3—18		3—44	
10	8—38	12-17-0	3—56	3—22	4 ^m	3—56	12 ^m
20	8—27	12-20-38	4—15	3—33	11 ^m	4—15	18 ^m

Det er, som tidligere omtalt, Solens Vandring paa Stjærnehimlen, der er Skyld i dennes forskellige Udseende til forskellige Tider af Aaret, idet vi jo kun kan se de Stjærner, der er oppe, naar Solen er nede. Ved Midvinter, naar Solen er omkring Stenbukken (18 paa Ækvator), er det Stjærnerne omkring 6, altsaa Orion, Sirius m. fl., der staar højt paa Himlen; ved Midsommertid, naar Solen staar i Krebsen (6 paa Ækvator) er det derimod Stjærnerne omkring 18, der staar højt paa Himlen, altsaa Vega, Ørnen m. m. — Midnatspunktet flytter sig altsaa, fordi Solen flytter sig. Af Kalenderens Tabel I fremgik det, at Midnatspunktet flyttede sig omtrent 4 Min. om Dagen. Dette stemmer med, at Aaret omtrent er 365 Dage, og i den Tid flytter Midnatspunktet sig 360°, altsaa pr. Dag omtrent 1° eller 4^m. Den nøjagtige Bevægelse kan vi finde, naar vi nøjagtig ved, hvor mange Dage der gaar paa et Aar. Dette kan vi faa at vide, naar vi stiller vort Ur efter Stjærnetid, d. v. s. sørger for, at det gaar 1 Gang rundt, medens Himlen drejer sig 1 Gang rundt. Ved Foraarstid, omkring den 21. Marts, søger vi da at faa at vide, hvad Uret viser, naar Solen lige passerer Ækvator, altsaa er i Vædderens Nulpunkt; dette kan vi

gøre ved to paa hinanden følgende Middage, den ene før, den anden efter at Solen har passeret Vædderen, at bestemme Solens Afstand fra Ækvator; den første af de to Deklinationer, vi maaler, er neg., den anden pos. Maalingen foretages med det store Meridianinstrument. Samtidig aflæser vi Klokkeslettene paa vort Stjærneur; vi er da i Stand til at udregne, hvad Uret har vist i selve det Øjeblik, da Deklinationen var 0, eller da Solen lige netop var i Vædderens Nulpunkt. Gør vi nu akkurat det samme et Aar efter, kan vi paa Stjærneuret finde, hvor mange Stjærnedage Aaret er langt. Det har da vist sig, at det er 366,²⁴²² Stjærnedage; men heraf kan vi atter slutte, at da Middelsolen i samme Tid skal gaa 1 Gang rundt mod den daglige Omdrejning, maa den gøre 1 Omgang færre, eller der maa paa et Aar gaa 365,²⁴²² Middelsoldage. Middelsolen, og med den Midnatspunktet, kommer derfor daglig til at rykke

$$\frac{24^t}{365,2422} = 3^m56^s \text{ eller ca. } 4^m \text{ mod Øst.}$$

Saa meget kommer endvidere en Fiksstjerne hver Dag til at kulminere tidligere end den foregaaende Dag; Størrelsen kaldes derfor ogsaa Fiksstjærnernes Acceleration.

Jorden.

9. Et Steds geografiske Beliggenhed.

Jorden er som bekendt meget nær en Kugle; som dens Poler betegnes de Punkter paa dens Overflade, hvor Vertikal-linjen falder sammen med Verdensaksen, hvor Polhøjden altsaa er 90° . Forbindelseslinjen mellem disse to Punkter kaldes Jordens Akse, om den drejer nemlig Jorden sig. I det foregaaende har vi beskrevet Stjernehimlen, som den tager sig ud, og vi har derfor talt om Himlens daglige Om-drejning; dette var imidlertid kun af Bekvemmelighedshen-syn, i Virkeligheden kan det ikke være Himlen, der drejer sig. Man er nemlig efterhaanden kommen til Erkendelse af, at Stjærnerne ikke er smaa lysende Prikker anbragte paa en fælles Kugleflade, men det er mægtige Kloder — de fleste mange Gange større end Jorden — og i enorme Af-stande fra denne. Skulde disse bevæge sig om Jorden med den uhyre Fart af 1 Gang rundt i Døgnet, vilde hertil kræ-ves Centripetalkræfter, som langt overgaar den fra Jorden udgaaende Tiltrækning. Himlens Bevægelse fra Øst til Vest kan derfor kun være tilsyneladende, fremkommen ved at Jorden drejer sig i modsat Retning, fra Vest mod Øst.

Et Plan vinkelret paa Midten af Jordaksen kaldes Ækvators Plan; det er sammenfaldende med det astrono-miske Ækvatorplan og skærer Jordoverfladen efter en Stor-

cirkel, den terrestriske Ækvator, der er koncentrisk med den astronomiske.

Et Steds Horizontplan er et Tangentplan til Jorden, og Vertikalen gaar derfor i Retning af Jordradien til Stedet (af-viger dog lidt, da Jorden ikke er nogen fuldkommen Kugle). Ved et Steds geografiske Meridianplan forstaas et Plan gennem Jordaksen og Stedet, og ved den terrestriske Meridian forstaas dette Plans Skæring med Jordoverfladen. Da den geografiske Meridian indeholder Jordaksen og Radien, hvilke er sammenfaldende med hen-holdsvis Verdensaksen og Vertikalen, bliver dette Plan sammenfaldende med det astronomiske Meridianplan; den astronomiske og den terrestriske Meridian bliver derfor koncentriske Cirkler. Som et Steds terrestriske Meridian regnes dog kun den Halv-cirkel fra Pol til Pol, paa hvilken Stedet ligger.

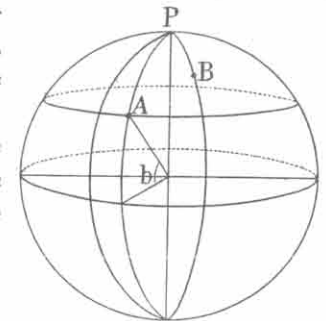


Fig. 12.

Et Steds geografiske Beliggen-hed bestemmes nu ved to Koordinater: **geografisk Længde** og **geografisk Bredde**.

Ved et Steds geografiske Længde forstaas: den Vinkel, som Stedets Meridian danner med den fun-damentale Meridian. Som fundamental Meridian regnes sædvanlig Meridianen gennem Greenwich. Længden regnes fra 0° til 180° , øst eller vest for Greenwich, og maales paa Ækvator eller paa en saakaldet »Parallelcirkel«, d. v. s. en Lillecirkel parallel med Ækvator.

Ved et Steds geografiske Bredde forstaas: den Vinkel, som Stedets Vertikal danner med Ækvators Plan. $\angle b$ (Fig. 12) er A's Bredde. Bredden regnes fra 0° til 90° nordlig eller sydlig. Samme Bredde har alle de Steder paa Jordens Overflade, der ligger paa samme Paral-lelcirkel, men det samme er forøvrigt ogsaa Tilfældet med de Steder over eller under Jordens Overflade, der ligger paa samme Radius, saa at det geometriske Sted for de Punkter,

der har samme Bredde, er en Kegleflade, der har Toppunkt i Jordens Centrum, og hvis halve Toppunktsvinkel er Komplement til Bredden.

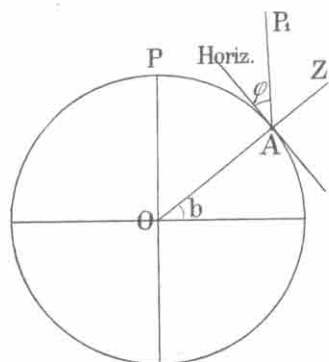


Fig. 13

Den geografiske Bredde er lig Polhøjden. I Fig. 13 forestiller Cirklen Jorden; OP er Jordaksen, og A et Sted paa Jordens Overflade. $\angle b$ er Bredden. Skal vi maale Polhøjden, skal vi fra A sigte mod Verdenspolen, det bliver i Retningen AP , der er parallel med Jordaksen, Polhøjden bliver derfor lig φ . Denne er lig b , de to Vinkler har nemlig deres Ben vinkelrette paa hinanden.

Rejser man rundt paa Jorden, skifter Tangentplanet Stilling i Forhold til Jordaksen eller Horizonten i Forhold til Verdensaksen. Lægger vi et Tangentplan til Jordens Ækvator, ser vi, at paa dette Sted har vi Polen i Hori-

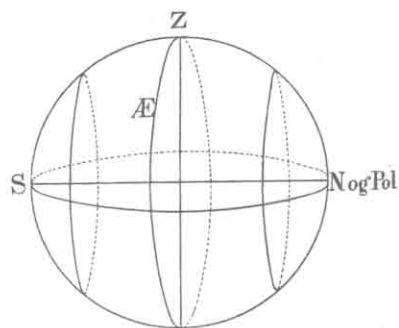


Fig. 14.

zonten, alle Dagecirkler staar derfor vinkelret paa Horizonten, med lige store Dag- og Natbuer, og der bliver ingen Circumpolarstjærner. Det samme fremgaar ogsaa af Fig. 14, der forestiller Meridian og Horizont for et Sted paa Ækvators Bredde. Da Polhøjden skal være 0, bliver Nordpol og

Nordpunkt sammenfaldende. — Lægger vi et Tangentplan til Nordpolen, faar vi Verdenspolen i Zenith, alle Dagecirkler bliver derfor parallelle med Horizonten, og alle Stjærner circumpolære (Fig. 15).

10. Klokkeslettet paa forskellige Steder af Jorden.

At en Stjerne kulminerer, vil jo sige, at den passerer Meridianen; ifølge det ovenstaaende vil det imidlertid være korrektere at sige, at Meridianen passerer gennem Stjærnen. Dette kommer for samme Stjerne til at finde Sted i samme Øjeblik for alle Steder paa samme Meridian; dette vil igen sige, at alle Steder paa samme Meridian i samme Øjeblik har samme Klokkeslet. En Stjærnes Timevinkel bliver den Vinkel, som Stedets Meridian har beskrevet siden sidste øvre Kulmination; af to forskellige Meridianer maa den østligste først passere gennem Stjærnen, eftersom Jorden drejer sig imod Øst, og Klokkeslettet paa den østlige Meridian maa derfor være større end paa den vestlige.

Da en Meridian i Løbet af 24 Timer i Forhold til Middelsolen beskriver en Vinkel paa 360° , kommer en Længdeforskel paa 15° mellem to Meridianer til at svare til en Klokkesletsforskel paa 1 Time. For hver 15° man rejser mod Øst, skal Klokkeslettet altsaa vokse med en Time eller for hver Grad med 4 Min., og omvendt aftage med de samme Størrelser, naar man rejser mod Vest. Tænkte man sig nu, at man gaaende ud fra et Sted A rejste mod Øst Jorden rundt og kom hjem igen til A , da vilde man have vundet en Dag; havde Jorden nemlig i den forløbne Tid gjort n Omdrejninger, da vilde man selv have gjort $n + 1$ Omdrejninger og vilde altsaa antage Datoen for 1 mere end den

virkelig var i A; omvendt vilde man have tabt en Dag, hvis man var rejst mod Vest. Der maa derfor være en Meridian, hvor Datoen springer 1 frem, naar man passerer den rejssende mod Vest, og 1 tilbage, naar man passerer den rejssende mod Øst. Denne Meridian er valgt 180^0 fra Greenwich.

Da Længdeforskellen bestemmer Klokketsforskellen og omvendt, opgives Længdeforskellen ofte i Tid; Omregningen fra Vinkelmaal til Tidsmaal sker derved, at $15^0 = 1^t$, $15' = 1^m$, $15'' = 1^s$. Eksempler herpaa kan vi se i »Skriv- og Rejsekalenderen«, hvor de geografiske Positioner for en Mængde Steder er opførte.

Skønt Klokkeslettet forandrer sig, naar man rejser mod Øst eller Vest, er man naturligvis nødt til inden for visse Omraade, at regne med samme Klokkeslet. Man benytter da enten »Nationaltid« eller »Zonetid«. At et Land har Nationaltid vil sige, at det har samme Tid som Hovedobservatoriet i Landet. I Danmark havde vi indtil for nogle Aar tilbage Københavns Tid; Klokken var altsaa 12 hele Landet over, naar Middelsolen passerede Københavns Observatoriums Meridian. I Rusland benytttes Sct. Petersborgs Tid. Den anden Tidsbestemmelse, Zonetiden, er af Hensyn til Samkvemmet med Udlandet mere praktisk. Man tænker sig Jorden delt i 24 Zoner; inden for hver Zone er Klokkeslettet ens og lig med Klokkeslettet for Midtermeridianen, medens det i den østlige Nabozone er 1 Time mere og i den vestlige 1 Time mindre. Første Zones Midtermeridian gaar gennem Greenwich. Paa den Maade faar vi i Danmark et Klokkeslet, der er 1 Time forud for Greenwich, men overensstemmende med den mellemste Del af Europa, hvorfor vor Tid ogsaa kaldes mellemeuropæisk Tid. Denne falder ikke sammen med Københavns Tid (men derimod med Gudhjems paa Bornholm); Forskellen er, som tidligere nævnt, 9^m41^s . Vil vi altsaa omsætte Zonetiden (Jærnbane-tiden) til Københavns Tid, maa vi subtrahere 9^m41^s ; vil vi omvendt gaa fra Københavns Stedtid til Jærnbane-tid, maa vi addere 9^m41^s .

En Fortegnelse over hvilke Steder paa Jorden, der har Zonetid, findes i »Skriv- og Rejsekalenderen«.

Eks. 1. Fra St. Petersborg er der til København afsendt et Telegram Kl. 2^{30} St. Petersborg Tid; hvad var Klokken samtidig efter dansk Jærnbane-tid?

	$2^t 30^m$
Længde fra Københ.	$1^t 11^m$
Efter Københ. Tid	$1^t 19^m$
	10^m
Mellemeurop. Tid	$1^t 29^m$

Eks. 2. En Begivenhed indtraf i Konstantinopel Kl. 3^{40} østtyrkisk Tid; hvad var Klokken samtidig efter mellemeuropæisk Tid?

Østtyrkiet er 2 Timer forud for Greenwich, altsaa 1 Time forud for Gudhjem; efter mellemeuropæisk Tid var Klokken altsaa 2^{40} .

Opgaver. 1. Hvad er Klokken i dansk Jærnbane-tid, naar Klokken i Lyon er $2^t30^m25^s$?

2. Hvad er Klokken i St. Francisko, naar den efter dansk Tid er 3^{50} E.

11. Opgaver til Øvelse.

1. Bestemmelse af Meridianen. Kender man Stedets Øvelse. Længdeafstand fra København, kan man ved Hjælp af Kalenderen og et paalideligt Ur nemt finde Nord-Sydlinjen. Ved Hjælp af Kalenderen kan vi nemlig udregne, hvornaar Solen skal kulminere, idet vi ser efter, hvornaar den kulminerer i København, og derefter til dette Klokkeslet enten adderer eller subtraherer Længdeforskellen i Tid, efter som Stedet ligger vest eller øst for København. Saafremt vort

Kalenderen, udregnes Tiden for Kulminationen; ved dernæst paa Uret at aflæse Klokkeslettet, da Skyggen af Vinduesposten gaar i Retning Nord—Syd, findes Fejlen paa Uret.

I Forbindelse hermed skal **Solskiven** omtales, som man tidt ser i Haver. Den bestaar af en i 24 lige store Dele inddelt Cirkelring, der opstilles i Ækvators Plan; i Midten er anbragt en Stift i Verdensaksens Retning. Naar Solen kulminerer, gaar Skyggen lige i Syd—Nord og træffer det dybeste Punkt paa Ringen, hvor der altsaa skal staa 0. Ved Skyggens Bevægelse hen over Ringen findes Klokkeslettet efter sand Soltid.

Herfra kan man da let gaa over til mellemeuropæisk Tid. Den sande Soltid siger jo nemlig, hvor længe der er til, eller hvor længe det er siden, Solen kulminerede, vi behøver derfor kun ved Hjælp af Kalenderen at finde Tiden for Kulminationen.

Eks. Randers. Kl. 2 sand Soltid.

Kulm. i Københ. paagældende Dag	12 ^h 10 ^m 30 ^s
Afstand Randers-Københ.	0 ^h 10 ^m 10 ^s
Kulmination i Randers	12 ^h 20 ^m 40 ^s

Da det nu er 2 Timer siden Solen kulminerede, maa Klokken i mellemeuropæisk Tid altsaa være
2^h 20^m 40^s.

Omvendt kan man ved Hjælp af et Ur, der gaar rigtig efter mellemeuropæisk Tid, indstille Soluret, saa det staar i den rigtige Retning¹⁾.

¹⁾ Mindre Solure til Skolebrug kan faas gennem Instrumentmager Corn. Knudsen, København.

12. At finde Tiden for Solens Op- eller Nedgang paa forskellige Steder af Jorden.

Tiden for Op- eller Nedgang kan findes af Kulminationstiden, naar man kender den halve Dagbue. Denne sidste kan man udregne paa samme Maade, som vi tidligere (6) har set, at man kan beregne en Stjærnes halve Dagbue; den afhænger af Aarstiden og Stedets Bredde, hvilket fremgaar af Fig. 8, idet en af Siderne i Trekanten er Komplement til Bredden, og en anden er Komplement til Deklinationen. Dagens Længde staar opført i Kalenderen for hver 10. Dag for forskellige Breddegrader; ønsker man dens Værdi for andre Breddegrader end de opførte eller for andre Dage, maa man interpolere.

Ønskes Tiden opgivet i dansk Jærnbantid (mellemeuropæisk Tid), er Beregningen meget simpel. Af Kalenderen findes Kulminationstiden i København; af Længdeforskellen findes dernæst Kulminationstiden paa vedkommende Sted, og af den til Breddegraden hørende halve Daglængde udregnes dernæst Op- eller Nedgangstiden.

Eks. Hvornaar staar Solen op i Konstantinopel d. 21. Maj? (Kalenderen 1913).

Kulm. i Københ.	Kl. 12 ^h 6 ^m 4 ^s
Længde fra Københ.	1 ^h 5 ^m 35 ^s
Kulm. i Konstantinopel	11 ^h 0 ^m 29 ^s
Halve Dag:	7 ^h 17 ^m 45 ^s
Opgang:	Kl. 3 ^h 43 ^m

Halve Daglængde beregnes saaledes: Konstantinopels Bredde er 41° 0' 30"; til 40° svarer Daglængden 14^h 30^m, og til 42° svarer 14^h 41^m, heraf faas for 41°: 14^h 35^m 30^s. De 30" behøver man ikke at tage Hensyn til, da Dagens Længde ikke er opgivet med større Nøjagtighed end Minuts; af samme Grund stryges Sekunderne i Opgangstiden.

Ønskes Tiden opgivet efter Zonetiden paa vedkommende Sted, skal man blot vide Besked med Tidsdifferencen mellem den paagældende Zone og den mellemeuropæiske.

Eks. Hvornaar staar Solen op i Konstantinopel paa
ovennævnte Dag efter østtyrkisk Tid. Østtyrkisk Tid er 1
Time forud for dansk Tid, altsaa faar vi

Opgang efter dansk Tid:	3 ^t 43 ^m
— - østtyrkisk Tid:	4 ^t 43 ^m

len BCE , eftersom D er $\neq CB$, og maales følgelig ved Buen BE . En lille Fejl i Bestemmelsen af Højden indkommer derved, at Grænselinjen mellem Himmel og Hav, som man jo maa rette sig efter, ikke ganske er det samme som Horizonten; staar vi nemlig i O (Fig. 20), da er OC Vertikalen, naar C er Jordens Centrum, og Horizontplanet er følgelig OH og α den søgte Højde, idet OS er Retningen mod Solen. Grænselinjen mellem Himmel og Hav viser sig derimod som Cirklen H_1H_2 , den saakaldte Kining, og man faar derfor Solhøjden forøget med Vinklen k . Dennes Størrelse afhænger af Højden h over Havfladen, og kender man h , kan man ved Hjælp af en Tabel finde dens Størrelse og til-

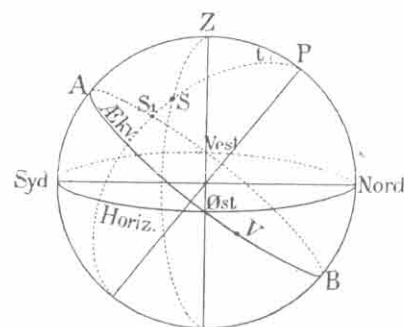


Fig. 21.

føre den som Korrektion til den observerede Højde; den er i Virkeligheden meget lille. — For af Solhøjden at kunne udregne Bredden, maa man jo kende Solens Deklination. Den Kalender, Søfolkene sædvanlig bruger, er »the Greenwich nautical almanac«; i denne staar opført Solens Deklination for hver Middelmiddag i Greenwich; hvad den er i Observationøjeblikket, kan man da udregne, naar man ved, hvad Klokken er i Greenwich; dette kan Sømanden imidlertid se paa sit Ur, der maa gaa efter Greenwich's Tid.

Længden maa bestemmes ved en Tidsobservation. Dette sker ved at tage Solens Højde paa en Tid, da denne forandrer sig rask, altsaa naar Solen er et godt Stykke fra Meridianen. Middagsobservationen vilde derimod ikke egne sig hertil, da man ikke af den observerede Højde kan slutte, om Solen er i selve Meridianen eller lidt derfra, eftersom Højden paa denne Tid forandrer sig saa lidt; Tidsbestemmelsen maa imidlertid foretages meget nøjagtigt, da man af hver 4^m Fejlbestemmelse faar en Fejl i Længdebestemmelsen

paa 1^o eller 15 Mil. — Af Solens Højde findes dens Timevinkel ved Regning. I Fig. 21 er S Solen, PS Deklinationscirklen og t den søgte Timevinkel. Trækkes tillige Højdecirklen ZS , opstaar den sfæriske Trekant ZPS ; i denne kendes PS , der er Komplement til Deklinationen, PZ , der er Komplement til Bredden, og SZ , der er Komplement til Højden, som observeres. Man kender altsaa de 3 Sider og kan følgelig finde $\angle t$. (Har Bredden forandret sig, siden den sidst blev bestemt, derved at vi ikke har ligget stille, men er sejlet videre, maa man udregne Forandringen ved Hjælp af Kursen og Farten). Samtidig med at en Observator tager Solhøjden, maa en anden tage Tiden paa Greenwich Uret. Derefter udregnes t , og vi har da Klokkeslettet efter sand Soltid; ved Hjælp af Tidsækvationen gøres denne om til Middeltid, og vi har dermed fundet Klokkesletsforskellen mellem Greenwich og Observationsstedet eller dettes Længde.

14. Jordens Opmaaling.

Afstandsmaaling. Medens det er ret let at udmaale korte Strækninger, er det en temmelig vanskelig Opgave at finde Afstanden mellem to fjærnere Punkter, idet Terrænets Ujævnhed, mellemliggende Vand m. m. forhindrer en direkte Forbindelse af de to Punkter med Maalebaand eller Stænger. Man maa i saa Fald erstatte den direkte Længdemaaling med Vinkelmaaling. Drejer det sig f. Eks. om at finde Afstanden fra A til S (Fig. 22), da vælger man sig en Basis AB , liggende paa et fladt Sted, saa at den direkte kan udmaales ved Maalestænger; dernæst udmaaler man Vinklerne A og B .

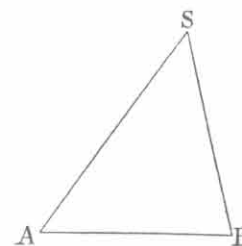


Fig. 22.

Hertil benytter man en Theodolith (Apparatet Fig. 5 uden lodret Gradbue, se S. 19), idet man fra *A* sigter til *B* og til *S* og begge Gange aflæser Stillingen overfor den vandrette Gradbue; paa lignende Maade findes Vinkel *B*; af de to Vinkler og den ene Side kan da alle andre Stykker i Trekanten beregnes. Er det store Afstande, det drejer sig om, maa saavel Vinkelmaalingen som Udmaalingen af Basis foregaa med stor Nøjagtighed. De Stænger, man benytter ved Maalingen, ender i skarpe Kiler, hvis Ægge staar vinkelrette paa hinanden; de lægges i Flugt med hinanden saaledes, at den ene af de tilstødende Kiler er vandret, den anden lodret. Stængerne maa ikke lægges saa tæt, at Kilerne rører ved hinanden, da der ellers let kunde gaa Hak i dem; den ringe Afstand imellem dem kan maales ved Glaskiler, der drives ind imellem dem; af Dybden, hvortil disse kan skydes ind, kan Afstanden findes.

Øvelse.

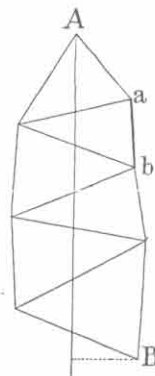


Fig. 23.

Øvelsesopgave. Benyt Apparatet Fig. 5 til at finde en større Afstand paa Skolepladsen eller Sportspladsen. Paa to lige høje Stole eller Borde lægges Apparatets to Plader vandret; i den ene af dem anbringes Diopteren, i den anden en hvidmalet Pind. Afstanden mellem de to Gradbuers Midtpunkter tages til Basis og udmaales ved en stram Snor. Vinklerne findes ved, at man sigter til den hvide Pind og det udstillede Mærke. Efter at Sigtet paa den ene Station er færdigt, ombyttes Diopter og Pind, og Maalingerne gentages paa den anden Station.

Gradmaaling. Afstandsmaalingen ved Vinkelmaaling kommer man f. Eks. til at udføre, naar man vil finde Størrelsen af Jordens Radius. Denne kan nemlig udregnes, naar man udmaaler Længden og Gradeantallet af en Meridianbue, idet vi jo for Buelængden har Udtrykket

$$b = \frac{\pi r g}{180},$$

hvor *g* er Gradeantallet. Heraf faas

$$r = \frac{b \cdot 180}{\pi g}.$$

Gradeantallet findes ved at maale Endepunkternes geografiske Bredder, altsaa deres Polhøjder, Differensen mellem disse giver *g*. Længden af Buen maa findes ved Trekantmaaling, da den maa være temmelig stor (den største, der er maalt, er over 25 Grader), for at Iagttagelsesfejlene ikke skal faa for meget at sige. Man opretter da langs den Bue,

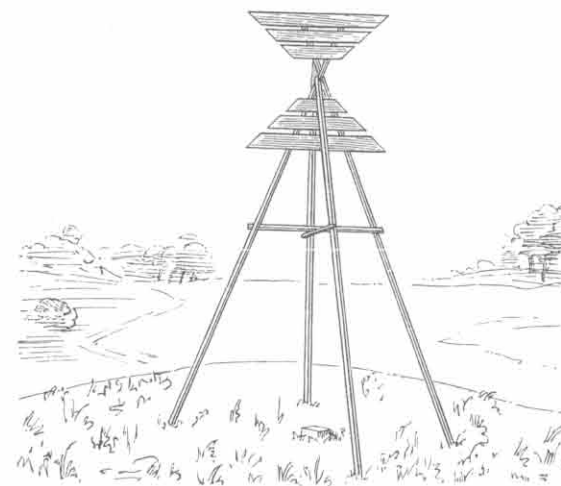


Fig. 24.

der skal maales, en Række Stationer, forsynede med Signalmærker, der skarpt kan iagttages fra Station til Station. Derved opstaar et System af Trekanter (Fig. 23), i hvilke Vinklerne udmaales ved en Theodolith. Har man nu udmaalt en af Siderne, *ab* f. Eks, direkte paa den ovennævnte Maade, kan man ved Beregning finde Længden af alle de andre Sider og derved tillige Længden af de Stykker, der afskares paa Meridianbuen. Ved at lægge de forskellige Stykker sammen finder man Længden af hele Buen.

Endestationerne *A* og *B* behøver ikke netop at ligge paa samme Meridian, da man kan finde Længden af Meri-

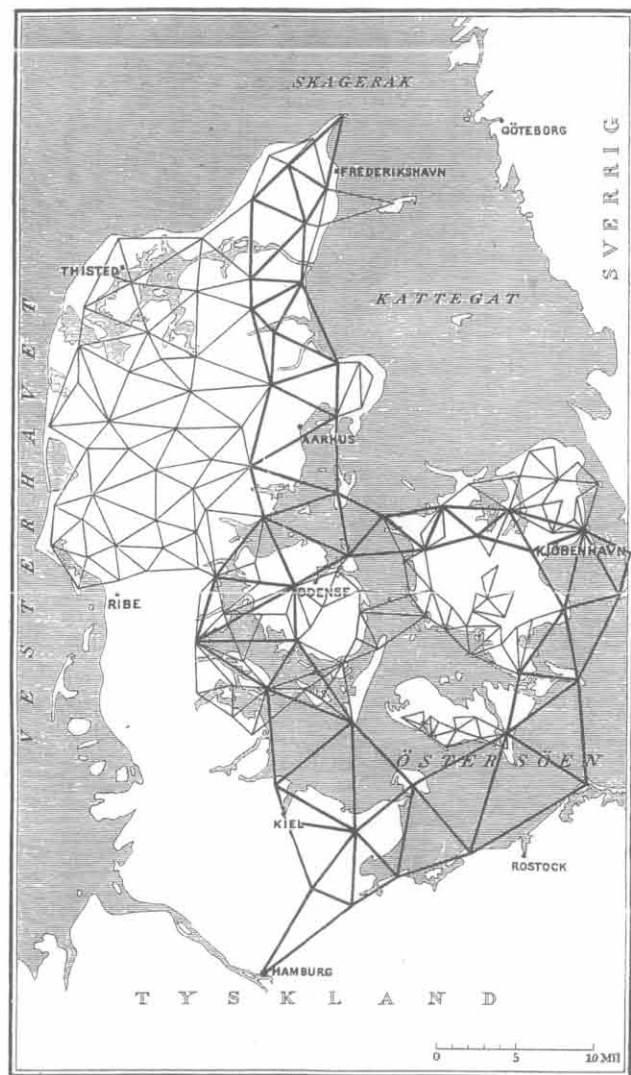


Fig. 25.

dianbuen fra A til B's Projektion ind paa den. At to Punkter ligger paa samme Meridian, kendes paa, at de har samme Klokkeslet.

Stationerne skal som nævnt vælges saaledes, at man

kan sigte fra den ene til den anden; de lægges derfor paa Høje, paa hvilke der bygges de bekendte timeglasformede Stilladser (Fig. 24); man sigter til det smalle Sted, hvor de to Trekantspidser støder sammen. Da et saadant Træstillads er forgængeligt, og da det er af Vigtighed af Hensyn til fremtidige Maalinger at kunne finde Punktet nøjagtigt igen, nedgraves en stor Granitblok i Jorden under Stilladset, og lodret under Timeglasset bores et Hul i Stenen, hvorved Stationscentret er fikseret.

De Vinkler, der paa denne Maade bliver maalte, er Vinklerne mellem de lodrette Sigteplaner eller Vinklernes Projektioner ned paa de vandrette Planer gennem Observationsstederne, altsaa paa en Havoverflade tænkt lagt gennem disse; den maalte Meridianbue og den deraf beregnede Jordradius kommer derfor til at høre til en Jord helt dækket af Hav.

Det er ikke nødvendigt, at Basis er en af Siderne i selve de Trekanter, der ligger langs Meridianen, Basis for den danske Gradmaaling f. Eks.

ligger paa Amager Fælle, den er omtrent $\frac{1}{4}$ Mil lang. Fra denne fører, som det ses af Kortet Fig. 25, hvor de stærkt optrukne Linjer er Siderne i Gradmaalingstrekanterne, et Net af Trekanter over til Jylland. Af Kortet ses, at det er mægtige Trekanter med milelange Sider, der er Tale om, Udmaalingen af den lille Basis paa Amager maa derfor være foretaget med stor Nøjagtighed.

Den danske Gradmaaling slutter sig mod Syd til den tyske dels ved et Trekantnet gennem Sønderjylland, Holsten og Lauenborg, dels ved et Trekantnet over Møen og Falster til Holsten og den preussiske Kyst. Over Øresund er vort Trekantnet endvidere knyttet sammen med den svenske Gradmaalings Trekanter.

Jordens Form. Gradmaalinger udførte paa forskellige Steder af Jorden har nu som Resultat givet, at Jordradien ikke er ens overalt, men størst ved Polerne og mindst ved

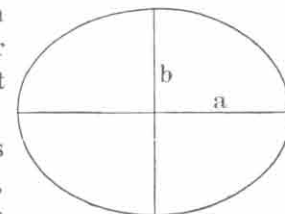


Fig. 26.

Ækvator. Det vil sige, at et Stykke Meridianbue maalt i Nærheden af Polerne hører til en mindre stærkt krummende Cirkel end Tilfældet er med en Meridianbue i Nærheden af Ækvator; Jorden er altsaa fladtrykt ved Polerne, og Jordmeridianerne er ikke Cirkler, men Ellipser (Fig. 26), hvis korte Akse b er Jordaksen, den længste a ligger i Ækvator.

Forholdet $\frac{a \div b}{a}$ kaldes Fladtrykningen, der er $\frac{1}{290}$.

En geografisk Mil, der omtrent er det samme som en dansk Mil, er $\frac{1}{15}$ af en Grad paa Ækvator. Ækvators Omkreds er altsaa $15 \times 360 = 5400$ geogr. Mil.

Jordaksen b er lig 1713 geogr. Mil, $a \div b = \text{circa } 6$ Mil, Afvigelsen fra Kugleformen er altsaa kun ubetydelig.

15. Jordens Inddeling i Zoner. Aarstiderne.

Da Solens Deklination forandrer sig i Aarets Løb, vil Kulminationshøjden som tidligere (S. 26) vist, ogsaa forandre sig. Herved fremkommer Forskellen mellem Aarstiderne, idet Kulminationshøjden er bestemmende for Temperaturen; jo mere lodret nemlig Straalerne falder, og jo længere en Tid af Døgnet Solen er oppe, des mere Varme tilføres vedkommende Sted af Jorden. Kulminationshøjden afhænger imidlertid ogsaa af Stedets Bredde, idet jo (se Side 39)

$$H = \delta + 90 \div \varphi.$$

Jo længere altsaa Stedet ligger fra Ækvator, des mindre er paa samme Tid af Aaret Kulminationshøjden. Efter denne sidste har man derfor inddelt Jorden i 5 Varmebælter eller Zoner, nemlig det hede eller tropiske Bælte, de to tempererede og de to kolde eller Polarbælterne.

Den hede Zone omfatter de Egne, hvor Solen kan komme til at kulminere i Zenith; som vi skal se, er dette muligt i et Bælte, der strækker sig paa begge Sider af Ækvator mellem de to Parallelcirkler, der hører til Bredderne $23^{\circ}27'$ nordlig og $23^{\circ}27'$ sydlig. Den nordlige af disse Cirkler hedder Krebsens Vendekreds, den sydlige Stenbukkens. Som de kolde Zoner betegnes de Steder, hvor Solen kan blive cirkumpolar 1 eller flere Døgn enten om den synlige eller usynlige Pol; Dagen saavel som Natten kan altsaa komme til at vare flere Døgn. Vi skal se, at dette kan blive Tilfældet i de to Bælter, der strækker sig om begge Polerne

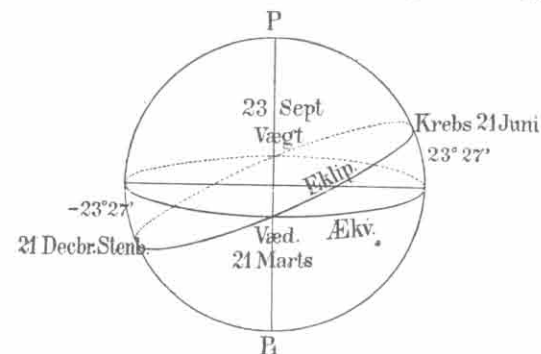


Fig. 27.

indtil $23^{\circ}27'$ derfra; Grænserne kaldes henholdsvis den nordlige og den sydlige Polarkreds. De tempererede Bælter, i hvilke Solen hverken kan blive cirkumpolar eller komme til at kulminere i Zenith, strækker sig mellem Polarkredsene og Vendekredsene.

Hvilke forskellige Kulminationshøjder Solen kan faa paa de forskellige Steder af Jorden, vil fremgaa, naar vi (ligesom S. 26) tegner dens Døgncirkler op til forskellige Tider af Aaret, med andre Ord gennemgaar Aarstiderne rundt paa Jorden. For at kunne indlægge Døgncirklerne paa Himlen, maa vi kende deres Afstand fra Ækvator, altsaa Solens Deklination; hvorledes denne varierer, har vi tidligere omtalt (S. 25); Variationen fremgaar i øvrigt ved Betragtning af Fig. 27, der er den samme som Fig. 9.

1. $\varphi = 0$. Ækvators Bredde. Fig. 28 forestiller Himmekuglen set fra et Sted paa Ækvators Bredde. Da $\varphi = 0$, falder Polen i Horizonten, og Ækvator vinkelret derpaa. 21. Marts er Solen i Vædderen, Deklinationen er 0, og Døgn-

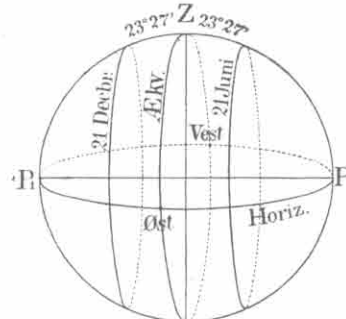


Fig. 28.

cirklen sammenfaldende med Ækvator. Solen staar op lige i Øst og gaar ned lige i Vest, Kulminationen foregaar lige i Zenith. — Solen nærmer sig derefter Krebsens Nulpunkt, hvor den kommer d. 21. Juni; Opgang i Nordøst, Nedgang i Nordvest. Derefter nærmer Solen sig atter Ækvator, hvor den kommer d. 23. Septbr.; atter Opgang lige i Øst, Nedgang lige i Vest og Kulmination lige i Zenith. Derefter foregaar Kulmination Syd for Zenith, Opgang i Sydøst, Nedgang i Sydvest. Den 21. Decbr. er Solen i Stenbukken. — Ved Ækvator kan Solen altsaa komme to Gange om Aaret i Zenith, nemlig d. 21. Marts og 23. Septbr.

2. $\varphi = 23^{\circ}27'$. Fig. 29 forestiller Himmekuglen set fra et Sted paa Krebsens Vendekreds.

21. Marts: Solen i Vædderen, Deklinationen 0, Dagcirklen sammenfaldende med Ækvator, Opgang lige i Øst, Nedgang lige i Vest, Dag og Nat lige lange.

21. Juni: Solen i Krebsen, Deklinationen $23^{\circ}27'$, Opgang i Nordøst, Nedgang i Nordvest, Kulmination lige i Zenith.

23. Septbr.: Solen i Vægten, Dagcirklen sammenfaldende

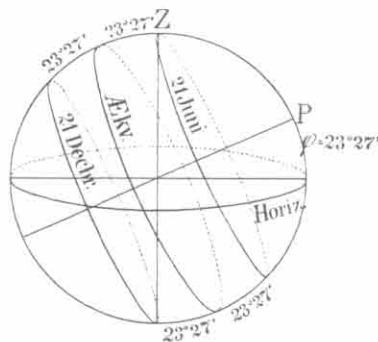


Fig. 29.

med Ækvator, Opgang lige i Øst, Nedgang lige i Vest, Dag og Nat lige lange.

21. Decbr.: Solen i Stenbukken. Opgang i Sydøst, Nedgang i Sydvest.

Her kan Solen altsaa komme 1 Gang om Aaret i Zenith. Paa denne Tid — altsaa vor Sommertid — falder Regntiden; idet Solstraalerne falder næsten lodret, kommer Luften og Vanddampene i stærk opadgaende Bevægelse, herved bliver de imidlertid afkølede paa Grund af den med Udvidelsen forbundne Varmebinding, og medens Solen staar straalende op, bliver Himlen snart efter skyet, og Regnen skyller ned til noget før Solnedgang.

3. $23^{\circ}27' < \varphi < 66^{\circ}33'$. Naar φ er større end $23^{\circ}27'$, er det forbi med at faa Solen i Zenith, og vi befinder os

da i det tempererede Bælte, Aars-tiderne i dette har vi gennemgaaet tidligere (se S. 26).

4. $\varphi = 66^{\circ}33'$. Fig. 30 viser Himlen set fra den nordlige Polar-kreds.

21. Marts: Solen i Vædderen, Deklinationen 0, Dagcirkel sammenfaldende med Ækvator, Opgang lige i Øst, Nedgang lige i Vest, Dag og Nat lige lange, For-aarsjævndøgn.

21. Juni: Solen i Krebsen, Dekl. $23^{\circ}27'$; Dagcirklen ligger helt over Horizonten. Kl. 12 Middag er Solen i Syd, Kl. 12 Midnat lige i Nord.

21. Septbr.: Solen i Ækvator, Efteraarsjævndøgn.

21. Decbr.: Solen i Stenbukken, Dekl. $\div 23^{\circ}27'$, Dag-

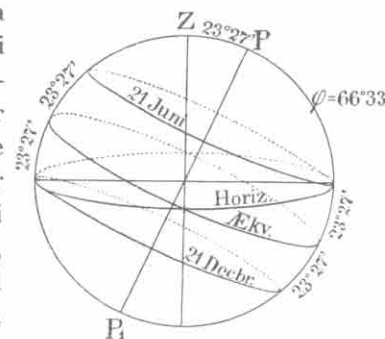


Fig. 30.

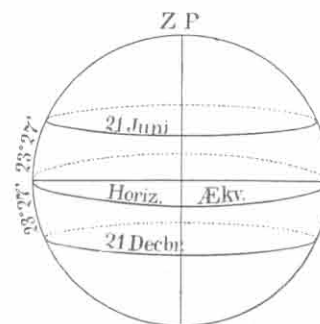


Fig. 31.

$$\sin p = \frac{r}{a} \sin z. \quad (1)$$

For $z = 90^\circ$ faas

$$\sin p_h = \frac{r}{a} \quad (2)$$

p_h kaldes Horizontalparallaksen, der altsaa er den største Vinkel, hvorunder Jordradien ses fra Himmelmellegemet.

Nu kan man jo imidlertid ikke komme ind i Jordcentret og foretage sine Observationer, vi maa derfor ulede Afstanden mellem dette Punkt og Stjærnen af Observationer gjorde paa to fjærnt fra hinanden liggende Punkter

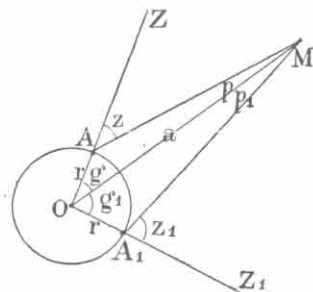


Fig. 35.

paa Jordens Overflade. For Maanens Vedkommende lader dette sig gøre paa følgende Maade:

Fra to forskellige Steder, A og A1 (Fig. 35), paa samme Meridian sigtes samtidig til Maanen M i det Øjeblik, den kulminerer, og de to Zenithdistancer z og z_1 maales. $\angle g + g_1$ er de to Steders Breddeforskel, man kender altsaa de 3 Vinkler i den plane Firkant OAMA1.

For de to Observationer gælder henholdsvis Ligningerne

$$\sin p = \frac{r}{a} \sin z \quad (1)$$

og

$$\sin p_1 = \frac{r}{a} \sin z_1. \quad (3)$$

Nu kendes som sagt de 3 Vinkler i Firkanten, følgelig ogsaa $p + p_1$; i den Anledning skrives (1) og (3) som

$$p = \frac{r}{a} \sin z$$

$$p_1 = \frac{r}{a} \sin z_1,$$

idet sinus erstattes med Vinklen i rent Tal, hvad der er tilfødt her, hvor Vinklerne er saa smaa. Derved faas

$$p + p_1 = \frac{r}{a} (\sin z + \sin z_1), \quad (4)$$

hvoraf $\frac{r}{a}$ kan findes.

$\frac{r}{a}$ var jo lig $\sin p_h$, man har altsaa ogsaa fundet Horizontalparallaksen.

Maanens Horizontalparallakse har vist sig at være $57'$, hvilket giver

$$\frac{r}{a} = \sin 57' = \frac{57}{60} \cdot \frac{1}{57},$$

hvoraf faas $a = 60 r$ eller ca. 52,000 Mil.

Planeterne.

17. Planeternes tilsyneladende Bevægelser.

Planeterne hører til de saakaldte Vandrestjærner, det vil sige: foruden at deltage i den daglige Omdrejning forandrer de deres Plads imellem Fiksstjærnerne. De kendes paa deres rolige Lys i Modsætning til Fiksstjærnerne, der er funklende, og paa, at de i Kikkert viser Skive, hvad Fiksstjærnerne ikke gør, idet disse selv i de stærkest forstørrende Kikkerter aldrig bliver til andet end Punkter.

Planeterne hedder: Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus og Neptun; desuden findes en Del smaa Planeter, Asteroiderne eller Planetoiderne, mellem Mars og Jupiter. De er nævnte i deres Orden fra Solen og udefter, saaledes at de to første, Merkur og Venus, der kaldes de nedre eller indre Planeter, ligger nærmere ved Solen end Jorden, de andre, der kaldes de øvre eller ydre, ligger fjærnere.

For at studere Planeternes Bevægelser paa Himlen, gør vi bedst i paa Stjernekortet at indtegne deres Plads til forskellige Tider. Dette kan vi gøre ved Hjælp af de Opgivelser, der for hver Maaned staar i »Skriv- og Rejsekalenderen« om Tiden for deres Kulmination, Op- og Nedgang. Ved Brugen er at erindre, at Opgivelserne er i mellemeuropæisk Tid, medens Kortet refererer sig til Stedtid; for at kunne bruge Kortet sammen med de opgivne Tider, maa vi derfor først

fra disse trække 10 Min. for at gøre dem om til Københavns Stedtid. Ved Hjælp af Kulminationstiden finder vi Planetens Rektascension. Som Eksempel kan vi tage Planeten Mars i 1907. Den 21. Jan. kulminerede den Kl. 7²⁸ F., altsaa efter Stedtid 7¹⁸ F.; nu er Midnatspunktet d. 20. Jan. 8, d. 21. er det altsaa 8⁰⁴, Planeten maa derfor staa ud for $8^{04} + 7^{18} = 15^{22}$. Trækker vi altsaa en Linje fra Polarstjærnen til Punktet 15²² paa Ækvator, maa Mars den Dag staa et Sted paa denne Linje. For nærmere at kunne angive, hvor paa denne Linje den staar, mangler vi Besked om Deklinationen; denne staar ikke opgivet i Kalenderen, vi maa da nøjes med at finde Planetens omtrentlige Plads i Forhold til Ekliptikapunktet, hvilket vi kan gøre ved at sammenligne Længden af dens halve Dagbue med Solens, naar denne staar ud for samme Tal paa Ækvator. Mars stod den nævnte Dag op Kl. 3¹¹ F. mellemeuropæisk Tid, dens halve Dagbue er altsaa $7^{28} \div 3^{11} = 4^{17}$. For derefter at faa at vide, hvornaar Solen staar ud for 15²², skal vi have at vide, hvornaar 15²² er Middagspunktet; dette finder Sted, naar 3²² er Midnatspunkt. Nu er 3 Midnatspunkt den 6. Novbr., og da Solen flytter sig ca. 4^m om Dagen, bliver 3²² Midnatspunkt 6 Dage senere eller den 12. Novbr. Slaar vi efter i Kalenderen fra samme Aar, hvornaar Solen staar op og kulminerer d. 12. Novbr., finder vi, at dens halve Dagbue denne Dag er 4¹⁶. De to Dagbuer er altsaa meget nær ens, eller Mars maa staa meget nær ved Ekliptika. Naar to Stjærner har lige lange Dagbuer, maa de ligge lige langt fra Ækvator, har de derimod forskellige Dagbuer, da ligger — som det ses af Fig. 36 — den længst fra Ækvator, som har den største Dagbue, saafremt Deklinationerne er pos., medens omvendt den er længst fra Ækvator, som har den mindste Dagbue, naar De-

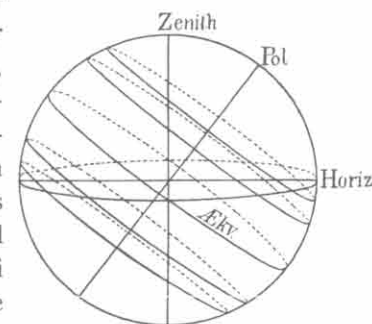


Fig. 36.

klinationerne er neg. Mars ligger altsaa den nævnte Dag en lille Smule nærmere ved Ækvator end Ekliptikapunktet.

En anden Dag, den 21. Aug., kulminerer Mars Kl. 8⁴⁰ E. Købh. Tid, medens Midnattpunktet er 22. Da Mars kulminerer om Eftermiddagen, bestemmes dens Plads nærmest af Middagspunktet; dette er 10, Mars staar altsaa ved $8^{40} + 10 = 18^{40}$. Opgangstiden er 6⁰² Købh. Tid, halve Dagbue altsaa $8^{40} \div 6^{02} = 2^{38}$. Solen staar i 18⁴⁰, naar 6⁴⁰ er Midnattpunkt; 6 er Midnattpunkt d. 21. Decbr., 6⁴⁰ altsaa d. 31. Decbr.; denne Dag er Solens halve Dagbue 3³⁰, eller Mars maa ligge en Del længere fra Ækvator end Ekliptikapunktet.

Ved at udføre denne Slags Beregninger Maaned for Maaned Aaret igennem faar vi et Overblik over Mars's Bevægelsesforhold i dette Aar. Resultaterne opfører vi i en Tabel som efterstaaende.

MARS 1907.

Dag	Midnattpunkt	Middagspunkt	Kulminationst.	Rektascension	Halve Dagbue	
					Mars	Ekliptika punkt
21/1	8 ⁰⁴	20 ⁰⁴	7 ¹⁸ F.	15 ²²	4 ¹⁷	4 ¹⁶
21/2	10 ⁰⁴	22 ⁰⁴	6 ³⁰ F.	16 ³⁴	3 ⁴⁷	3 ⁴⁴
21/3	11 ⁵⁶	23 ⁵⁶	5 ⁴⁴ F.	17 ⁴⁰	3 ³⁰	3 ²⁹
21/4	13 ⁵⁶	1 ⁵⁶	4 ⁴⁵ F.	18 ⁴¹	3 ²⁴	3 ³⁰
21/5	15 ⁵⁰	3 ⁵⁰	3 ²⁷ F.	19 ²³	3 ¹⁹	3 ⁴⁰
1/6	16 ⁴⁰	4 ⁴⁰	2 ⁴⁹ F.	19 ²⁹	3 ¹³	3 ⁴²
11/6	17 ²⁹	5 ²⁹	2 ¹⁰ F.	19 ³⁰	3 ⁰⁶	3 ⁴³
21/6	17 ⁵⁶	5 ⁵⁶	1 ²⁵ F.	19 ²¹	2 ⁵⁷	3 ³⁹
21/7	19 ⁵⁶	7 ⁵⁶	10 ⁴⁷ E.	18 ⁴³	2 ³²	3 ³¹
1/8	20 ⁴⁰	8 ⁴⁰	9 ⁵⁰ E.	18 ⁵⁰	2 ³¹	3 ³⁰
11/8	21 ²⁰	9 ²⁰	9 ¹⁵ E.	18 ⁵⁵	2 ³⁴	3 ³⁰
21/8	22	10	8 ⁴⁰ E.	18 ⁴⁰	2 ³⁸	3 ³⁰
21/9	0	12	7 ²⁴ E.	19 ²⁴	3 ⁰⁴	3 ⁴⁰
21/10	2	14	6 ³⁵ E.	20 ³⁵	3 ⁴³	4 ¹⁰
21/11	4	16	5 ⁵² E.	21 ⁵²	4 ³⁸	4 ⁵²
21/12	6	18	5 ¹² E.	23 ¹²	5 ²⁶	5 ³⁷

Indtegnes Stillingerne paa Kortet, faar Banen det mærkelige Udseende, som er vist i Fig. 37.

I Begyndelsen af Aaret ses Mars at bevæge sig mod Øst, næsten i Ekliptika, Bevægelsen er, som det hedder, progressiv eller fremadskridende. Efter at have skaaret Ekliptika, fjærner den sig noget mere fra denne, samtidig

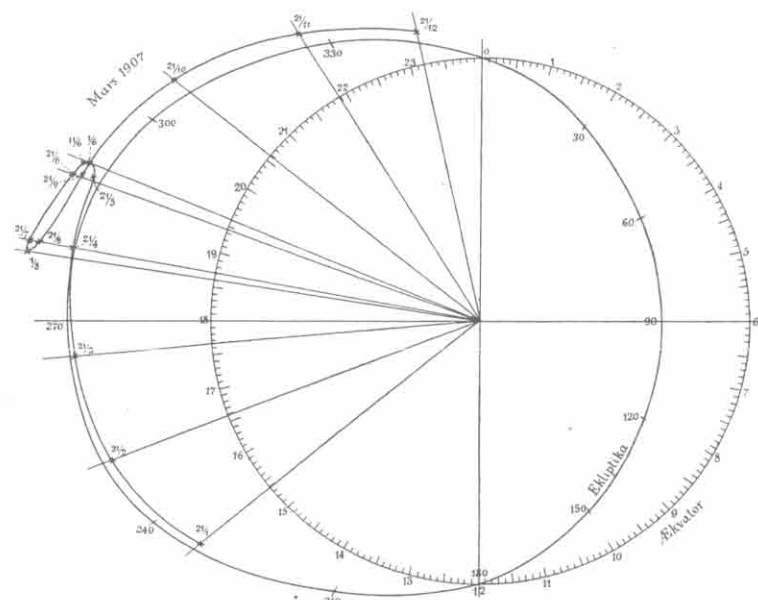


Fig. 37.

bliver Bevægelsen mod Øst langsommere, og i Tiden fra $1/6$ til $11/6$ har den næsten slet ikke flyttet sig hverken mod Øst eller Vest, men kun fjærnet sig lidt mere fra Ekliptika, Planeten siges at have været stationær. Derefter flytter den sig mod Vest, Bevægelsen er retrograd eller tilbagegaaende, men bliver atter stationær i Tiden mellem $1/8$ og $11/8$, hvorefter den gaar mod Øst og er progressiv Resten af Aaret. — Det samme løjerlige Forhold udviser de andre Planeter: Bevægelserne er hovedsagelig progressive, men stundom retrograde, og Banerne som Følge deraf sløjfeformede. Banerne ligger alle i Nærheden af Ekliptika.

Planetens Stilling i Forhold til Solen kan vi udelede af ovenstaaende Tabel; Middagspunktet giver nemlig Stillingen af Middelsolen og dermed paa det nærmeste tilige Stillingen af Solen selv. Den $21\frac{1}{1}$ f. Eks. staar Solen omtrent ud for 20, medens Mars staar ved 15^{22} , Planeten staar altsaa vest for Solen; denne Afstand forøges mere og mere i Aarets Løb, indtil Solen en Gang i Tiden mellem $21\frac{6}{6}$ og $21\frac{7}{7}$ staar lige modsat Mars, hvorefter Afstanden atter formindskes, men saaledes at Mars nu staar øst for Solen. — Ved Solens Længde forstaas dens Afstand i Grader fra Vædderpunktet maalt paa Ekliptika mod Øst; ved Planetens Længde forstaas Afstanden fra Vædderpunktet til dens Projektion paa Ekliptika ligeledes maalt i Grader paa denne mod Øst. Længdeforskellen mellem Solen og en Planet kaldes Planetens Elongation. Denne kan for de øvre Planeters Vedkommende gennemløbe alle Værdier fra 0 til 180° , medens de to nedre Planeter kun kan fjærne sig et mindre Antal Grader fra Solen, idet den største Elongation for Merkur er 23° og for Venus 46° . Disse to Stjærner kan derfor ikke ses hele Natten, men kun enten noget efter Solnedgang som Aftenstjærner eller noget før Solopgang som Morgenstjærner; Merkur er dog meget vanskelig at faa at se, da Himlen sjældent er klar saa tæt nede ved Horizonen ved Solop- eller Nedgang. Staar Planeten øst for Solen, kulminerer den senere end denne og gaar da ogsaa ned senere, i saa Fald er den altsaa Aftenstjerne; staar den vest for Solen, er den derimod Morgenstjerne.

Naar en Planets Elongation er 0, siges den at være i Konjunktion; den staar da paa samme Side af Himlen som Solen og kulminerer samtidig med denne; de ydre Planeters Bevægelse er under disse Forhold progressiv: for de indre Planeters Vedkommende gives der to Slags Konjunktioner, i den ene, den saakaldte nedre, i hvilken Planeten er Jorden nærmest, er Bevægelsen retrograd, i den anden, den saakaldte øvre, i hvilken Planeten er Jorden fjærnest, er den derimod progressiv. — Er Elongationen 90° , siges Planeten at være i Kvadratur, enten østlig eller

vestlig, og er endelig Elongationen 180° , siges Planeten at være i Opposition, den kulminerer da ved Midnatstid; i den nærmeste Tid før og efter Oppositionen er Bevægelsen, som det ses af Tabellen og Figuren ovenfor, retrograd.

18. Det Kopernikanske System.

Man har i Tidernes Løb brudt sit Hoved meget med at forklare Planeterne indviklede Bevægelsesforhold, og i den Anledning opstillet forskellige Systemer. Det, der bedst forklarer de tilsyneladende Bevægelser, er Kopernikus's Planetsystem, fremsat i et Værk over Himmellegemernes Bevægelse, der fremkom efter hans Død (1543). Ifølge dette staar Solen fast, og Planeterne saavel som Jorden bevæger sig i Cirkler uden om denne. Bevægelsen foregaar mod Øst, og Omløbstiden er desto kortere, jo nærmere Planeten er ved Solen. Baneplanerne er endvidere ikke sammen-

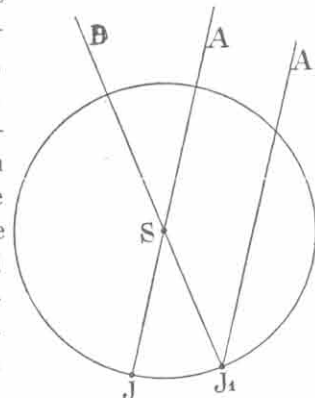


Fig. 38.

faldende, men danner smaa Vinkler med hinanden. Jorden bliver altsaa selv en Planet. Hvorledes en Bevægelse af Jorden om Solen for os kan give det Udseende af, at det er Solen, der bevæger sig om Jorden, forstaas ved Betragtning af Fig. 38. S forestiller Solen, J Jorden og Cirklen dennes Bane om Solen. Solen vil fra J ses projiceret ud mellem de Fiksstjærner, der staar i Retningen af A. Naar Jorden derefter bevæger sig mod Øst til J_1 , ses Solen i Retningen J_1B ; stilles Kikkerten mod det Punkt af Himlen, paa hvilket Solen saas før, staar den i Retningen J_1A_1 , der er parallel med JA . Medens vi altsaa ikke selv kan mærke, at Jorden har flyttet sig, har Solen tilsyneladende flyttet sig

Vinklen A_1JB , og naar Jorden kommer tilbage til sin oprindelige Plads, har Solen gennemløbet en Storcirkel paa Himlen, netop hvad vi ser, den gør.

Imidlertid er dette naturligvis ikke noget Bevis for, at Sagen virkelig forholder sig saaledes, ja alt tydede egentlig paa Kopernikus's Tid paa, at Antagelsen var forkert, thi — som Tycho Brahe fremhævede — hvis Jorden flyttede sig, da kunde man ikke stadig se Fiksstjærnerne i den samme Retning, men der maatte vise sig en Parallaxe α : en Vinkel mellem Sigtelinjerne til den samme Stjerne fra to forskellige Steder af Jordbanen, saa at Stjernernes indbyrdes

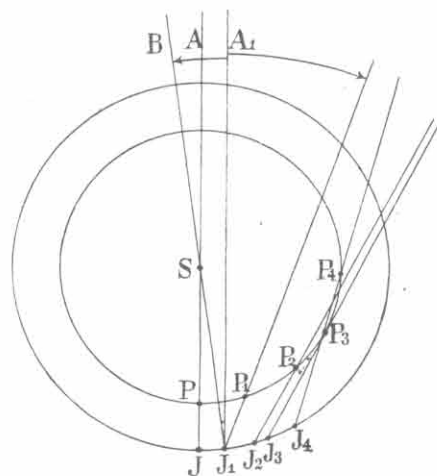


Fig. 39.

Afstande i Aarets Løb maatte forandre sig. Noget saadant var imidlertid ikke at spore. Tycho Brahe optog derfor kun Kopernikus's System med den Ændring, at Solen gik rundt om Jorden, men forøvrigt Planeterne om Solen. Først i den allerseneste Tid, da Instrumenterne er blevet mere fuldkomne, er det lykkedes at paavise og maale enkelte Fiksstjærners Parallaxe og saaledes at føre Bevis for den Kopernikanske Hypotheses Rigtighed.

At Hypothesen forklarer Planeternes tilsyneladende Bevægelse, indses saaledes: i Fig. 39 er S Solen, den yderste Cirkel Jordbanen og den inderste Venusbanen, der for Simpelteds Skyld antages at falde i Plan med Jordbanen (Ekliptika). Naar Planeten P og Solen ses i samme Retning fra Jorden J , er Planeten jo i Konjunktion, den i Figuren tegnede Stilling er den nedre Konjunktion; P og S findes paa Himlen mellem de Stjærner, der staar i Retningen

Afstande i Aarets Løb maatte forandre sig. Noget saadant var imidlertid ikke at spore. Tycho Brahe optog derfor kun Kopernikus's System med den Ændring, at Solen gik rundt om Jorden, men forøvrigt Planeterne om Solen. Først i den allerseneste Tid, da Instrumenterne er blevet mere fuldkomne, er det lykkedes at paavise og maale enkelte Fiksstjærners Parallaxe og saaledes at føre Bevis for den Kopernikanske Hypotheses Rigtighed.

JA . Bevæger nu Jorden sig til J_1 , flytter Planeten sig det større Gradetal fra P til P_1 , idet Hypothesen jo tillige antager, at Omløbshastigheden er des større, jo nærmere ved Solen Planeten ligger. Planeten ses da nu i Retningen J_1P_1 og Solen i Retningen J_1B ; stilles Kikkerten parallel med den gamle Sigteretning, staar den i Retningen J_1A_1 , og Solen og Planeten har da tilsyneladende bevæget sig paa Himlen i Retning af de to Pile. Planetens Bevægelse har altsaa her været modsat Solens eller retrograd. Gaar Jorden fra J_2 til J_3 samtidig med, at Planeten gaar fra P_2 til P_3 , forandrer Sigtelinjen ikke Retning, Planeten er altsaa stationær, men idet Jorden gaar mod J_4 , svinger Sigtelinjen i Retning af Solen, og Bevægelsen bliver nu direkte, hvad den vedbliver med at være indtil i Nærheden af næste nedre Konjunktion. — Sløjferne hidrører fra, at de to Baneplaner danner en lille Vinkel med hinanden.

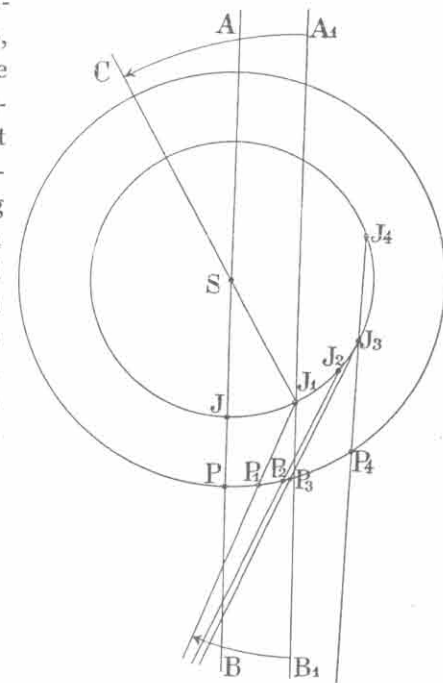


Fig. 40.

For de øvre Planeters Vedkommende fremgaar Bevægelsesforholdene af Fig. 40, hvor den inderste Cirkel er Jordbanen, den yderste f. Eks. Marsbanen. I Oppositionsstillingen P ses S fra J i Retningen JA og P i Retninge JB . Bevæger nu Jorden sig fra J til J_1 , gaar Planeten det mindre Stykke fra P til P_1 , og medens S ses i Retningen J_1C , ses Planeten i Retningen J_1P_1 . Stilles Kikkerten i de gamle Retninger, staar den henholdsvis i Retningen J_1A_1 og J_1B_1 , og Pilene angiver da Retningen af

de tilsyneladende Bevægelser paa Himlen. Planetens Bevægelse har altsaa været retrograd. Kort efter ses den imidlertid at blive stationær for derefter at gaa over til at blive progressiv.

Hypothesen forklarer altsaa, at Planeterne efterhaanden bevæger sig hele Himlen rundt, og at de med bestemte Mellemrum kommer i Opposition eller i Konjunktion. Tiden mellem to paa hinanden følgende Oppositioner eller nedre Konjunktioner kaldes Planetens synodiske Omløbstid, i Modsætning til den

Tid, Planeten bruger om et Omløb i sin Bane, og som kaldes den sideriske Omløbstid.

Det blev nævnt, at Planeterne i Kikkert viser Skive, Radius i denne kaldes den apparente eller tilsyneladende Radius. Det viser sig, at denne ikke altid har den samme Størrelse for den samme Planet; den tiltager nemlig fra Konjunktion til Opposition

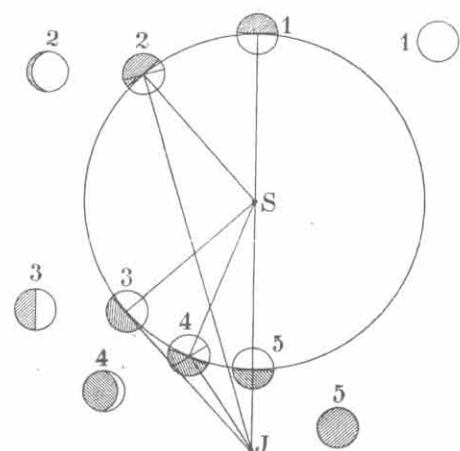


Fig. 41.

eller — for de nedre Planeters Vedkommende — fra øvre til nedre Konjunktion, og aftager fra Opposition til Konjunktion eller fra nedre til øvre Konjunktion; dette tyder paa, at Planeterne i første Tilfælde er i Færd med at nærme sig til os, i sidste at fjærne sig fra os. Ogsaa dette Fænomen finder jo sin ligefremme Forklaring ved den Kopernikanske Hypothese. Samme Hypothese forklarer endvidere det skiftende Udseende, som de nedre Planeter viser, og som betegnes med Navnet Faser; det er det samme Fænomen, som vi alle kender fra Maanen, at til forskellige Tider er en større eller mindre Del af Skiven belyst. I Fig. 41 er Planeten tegnet i flere af de Stillinger, hvori den kan komme

til Solen og Jorden, medens *S* og *J* er henholdsvis Sol- og Jordcentret. Lysgrænsen paa Planeten faas ved at lægge et Plan vinkelret paa Forbindelseslinjen mellem *S* og Planetcentret, og Grænsen for den mod Jorden vendende Del ved at lægge et Plan vinkelret paa Forbindelseslinjen mellem *J* og Planetcentret. — I øvre Konjunktion, Stilling 1, falder de to Planer sammen, og hele den belyste Side vender mod Jorden. Da Planeten er oppe sammen med Solen og staar omtrent paa samme Sted af Himlen som denne, kan den imidlertid ikke ses; kunde den ses, vilde den vise sig som en Fuldmaane. — Er den derimod kommet øst for Solen i Stillingen 2, danner de to Planer en Vinkel med hinanden, hvorfor Planeten viser sig som Figuren til Siden. I den største Elongation, Stilling 3, hvor Forbindelseslinjen til *J* er Tangent til Banen, viser Planeten sig som en Halvmaane, i Stilling 4 som en Segl, og i Stilling 5, nedre Konjunktion, er den hel mørk. Naar Planeten kommer om paa den vestlige Side af Solen, gentager Faserne sig i modsat Orden.

Hvis Baneplanet, saaledes som forudsat i Figuren, faldt sammen med det Plan, hvori Jorden gaar rundt om Solen, altsaa Ekliptika, vilde Planeten i hver nedre Konjunktion vise sig som en sort Plet passerende tværs over Solskiven; nu falder de to Planer ikke sammen, og Planeten er derfor i Almindelighed i denne Stilling usynlig; kun naar Konjunktionen indtræffer samtidig med, at Planeten er i Nærheden af de to Baners Skæringspunkt, saa at dens Afstand fra Ekliptika er mindre end Solens apparente Radius, vil den ses gaaende forbi Solskiven; dette Fænomen indtræffer dog overmaade sjældent, for Venus's Vedkommende kun to Gange i Løbet af et Aarhundrede (Venuspassage).

19. Keplers Love.

Den Kopernikanske Antagelse, at Planeterne bevæger sig i Cirkler uden om Solen, kan, som vi nu har set, i det

store og hele forklare Planeternes Bevægelse paa Himlen, derimod viser det sig, at den ikke slaar ganske til i Enkelt-hederne; vil man med andre Ord ved Hjælp af den forud-beregne en Planets Plads paa Himlen til en opgiven Tid og deraf f. Eks. Klokkeslettet for dens Kulmination, Op- og Ned-gang, da vil Beregningen ikke slaa ganske til. De virkelige Love for Planeternes Bevægelse er først fundne af Kepler, Elev af Tycho Brahe, ved en taalmodig Bearbejdelse af dennes fortrinlige Observationer, navnlig af Mars's Bevægelser.

De Keplerske Love lyder:

1. Planetbanerne er Ellipser, i hvis ene Brændpunkt Solens Centrum sidder.

2. De af Radius vector i lige lange Tider beskrevne Arealer er lige store.

3. Kvadratet paa forskellige Pla-neters Omløbstider forholder sig som Kuberne paa Middel-afstandene.

En Ellipse er en Kurve, der konstrueres paa følgende Maade. I to Punkter B og B_1 (Fig. 42) fæstes en Snor, som man derefter udstrammer ved en Blyant P ; bevæges

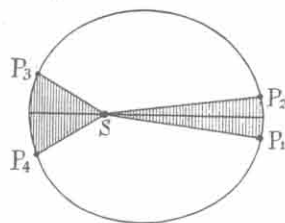


Fig. 42.

nu denne, idet Snoren holdes stram, fremkommer Ellipsen. B og B_1 kaldes Ellipsens Brændpunkter, Linjen AA_1 dens Storakse, dennes Midtpunkt O er Ellipsens Centrum, Linjen CC_1 vinkelret paa Midten af Storaksen kaldes Lilleaksen. For-

holdet $\frac{OB}{OA}$ kaldes Ellipsens Eks-

centricitet, det er et Maal for, hvor fladtrykt Ellipsen er, idet jo mindre dette Forhold er — altsaa jo nærmere B ligger ved O — des mere nærmer Ellipsen sig til en Cirkel.

Idet nu Solen sidder i det ene Brændpunkt, f. Eks. B , ses Planetens Afstand fra Solen at variere under Omløbet,

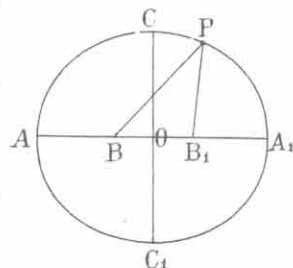


Fig. 43.

den mindste Afstand er AB , den største A_1B . Middel-værdien af disse to er AO ; den kaldes Middelfstanden. Kaldes Ekscentriciteten e og Middelfstanden a , da er $OB = ea$, og altsaa den mindste Afstand $AB = a - ea = a(1 - e)$ og den største $A_1B = a + ea = a(1 + e)$. A kaldes Periheliet, A_1 Apheliet. At Jordens Afstand fra Solen varierer, kan vi vide af den Omstændighed, at Solens appa-rente Radius varierer i Aarets Løb, hvad vi kan se af Kalenderen, hvor dens Størrelse staar opført for hver Maa-ned; størst er den i Begyndelsen af Januar Maaned, hvor den opgives til $16'16''$, da er Jorden altsaa Solen nærmest; mindst finder vi den i Begyndelsen af Juli Maaned, hvor den er $15'44''$, Jorden er da fjærnest fra Solen. De appa-rente Radier maa forholde sig omvendt som de tilhørende Afstande; kaldes den største Værdi R og den mindste r , da maa altsaa

$$\frac{R}{r} = \frac{a(1+e)}{a(1-e)},$$

$$e = \frac{R - r}{R + r} = \frac{32''}{32' + 60''} = \frac{1}{60}.$$

hvoraf

Jordbanens Ekscentricitet er altsaa kun ganske lille, og Banen afviger kun lidt fra Cirkelformen. Endnu mindre er Venus-banens, idet den kun er $0,0068$, derimod er Marsbanens tem-melig stor, nemlig $0,093$.

Ved Radius vector forstaas Linjen fra Solen til Pla-neten; er Planeten f. Eks. i P_1 og Solen i S (Fig. 43), da er Radius vector SP_1 , den skifter altsaa Størrelse under Planetens Bevægelse. Flytter Planeten sig fra P_1 til P_2 , da beskriver Radius vector Arealet SP_1P_2 , og naar den gaar fra P_2 til P_3 , beskrives Arealet SP_2P_3 . Den 2. Keplerske Lov siger nu, at saafremt de to Buer P_1P_2 og P_2P_3 er tilbage-lagte i den samme Tid, da finder man de to beskrevne Arealer lige store. Heraf følger, at Planetens Hastighed ikke kan være den samme hele Banen igennem, den maa bevæge sig hurtigst, naar den er Solen nærmest, altsaa i Periheliet, og langsomst, naar den er Solen fjærnest, altsaa i Apheliet. — Her har vi altsaa en af Grundene til den tid-ligere (S. 27) omtalte Omstændighed, at de sande Soldage

ikke er lige lange; naar Jordens Bevægelse er ujævn, maa nemlig Solens tiilsyneladende Bevægelse paa Himlen ogsaa vise sig ujævn.

Den 3. Keplerske Lov handler om Forholdet mellem Middelfastandene og Omløbstiderne. Kaldes Omløbstiden for to Planeter t og t_1 og Middelfastandene (de halve Storakser) henholdsvis a og a_1 , da siger Loven, at

$$\frac{t^2}{t_1^2} = \frac{a^3}{a_1^3}.$$

I Kalenderen staar under »Planetsystemet« opført Værdierne for disse Størrelser, hvorved vi kan prøve Lovens Rigtighed. For Mars f. Eks. er Middelfastanden $1,524$, idet Jordens Middelfastand sættes som Enhed, medens Omløbstiden er 687 Dage. Sættes Jordens Omløbstid til $365\frac{1}{4}$ Dag, bliver altsaa for disse to Planeter

$$\frac{t^2}{t_1^2} = \left(\frac{687}{365\frac{1}{4}} \right)^2 = 3,538$$

$$\frac{a^3}{a_1^3} = \left(\frac{1,524}{1} \right)^3 = 3,540$$

20. Afstande og Størrelsesforhold.

I Kalenderen staar, som nævnt, opført Værdierne for Planetmiddelfastandene i Forhold til Jordens Middelfastand; Forholdet mellem to Afstande i Verdensrummet kan findes alene ved Maaling af Vinkler. Vil vi f. Eks. finde Forholdet mellem Jordens og Venus's Afstande fra Solen, idet vi betragter begge Baner som Cirkler, da kan vi udmaale den største Elongation E (Fig. 44); vi finder da Forholdet af

$$\sin E = \frac{r}{R}.$$

Idet $E = 46^\circ$, faas

$$\frac{r}{R} = 0,72,$$

der meget nær er lig den i Kalenderen opførte Værdi for Forholdet mellem Middelfastandene, stemmende med at begge Baner er meget lidt langstrakte.

De omtrentlige Værdier for Afstandene er følgende: Merkurs Afstand fra Solen er ca. $\frac{2}{5}$ af Jordens; Venus's ca. $\frac{3}{4}$, Mars's $1\frac{1}{2}$, Jupiters 5, Saturn's 10, Uranus's 19 og Neptun's 30 Gange Jordens Afstand fra Solen.

For af Forholdet mellem Middelfastandene at kunne finde Banernes virkelige Dimensioner, maa man først finde en af Middelfastandene selv. Dette sker ligesom for Maanen ved en Parallaxbestemmelse, men Opgaven er rigtignok ulige vanskeligere paa Grund af Parallaxens Lidenhed. Jo nærmere en Planet kommer os, desto nøjagtigere kan dens Afstand bestemmes. Meget nær ved Jorden kommer Venus i sin nedre Konjunktion, men den er jo rigtignok som Regel i denne Stilling usynlig; kun naar det sjældne Fænomen, der kaldes en Venuspassage, indtræffer, bliver det muligt at benytte den, hvilket da sker paa

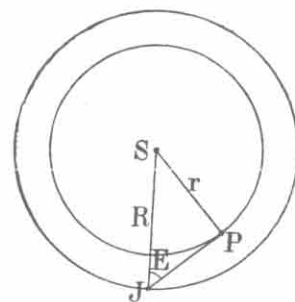


Fig. 44.

den Maade, at man bestemmer Retningen af Sigtelinjen til den fra forskellige Steder af Jorden lige i det Øjeblik, den træder ind paa Solskiven, og tillige i det Øjeblik, den træder ud af denne. Bedre endnu lader en i 1897 opdaget lille Planet Eros, der hører til Planetoiderne, sig bruge, idet den i Oppositionstillingen kommer Jorden endnu nærmere end Venus, og desuden i Kikkerten kun viser sig som en Prik, hvorfor Indstillingen paa den kan foregaa nøjagtigere. Parallaxbestemmelsen sker da paa den Maade, at man paa forskellige Steder af Jorden maaler Eros's Afstand fra en og samme Fiksstjerne. Af Venus's eller Eros's Afstand fra Jorden udledes atter Solens; det har da vist sig, at denne er meget nær 20 Millioner Mile, og Horizontalparallaxen $8,9''$.

Naar man har fundet Afstanden til en Planet, kan man

finde dennes Størrelse. I Fig. 45 er A lagttagelsesstedet og a Afstanden til Himmelleget, $\angle v$ er den Vinkel, hvorunder Radien ses, eller det halve af den apparente Diameter; den virkelige Radius r kan da findes af den retvinklede Trekant, idet vi har

$$r = a \sin v.$$

Man finder Solradien lig 108 Jordradier, Solen er derfor $1\frac{1}{3}$ Million Gange saa stor som Jorden. Venus er paa Størrelse med Jorden. Mars's Radius er omtrent $\frac{1}{2}$ af Jordens, dens Rumfang altsaa omtrent $\frac{1}{8}$ af Jordens. Jupiter er Kæmpen blandt Planeterne, dens Radius er over 11 Gange Jordradien, dens Rumfang over 1300 Gange Jordens.

Baade paa Solen og Planeterne kan man med Kikkert opdage Pletter; disse Pletter flytter sig, og den samme Plet indtager den samme Plads med bestemte

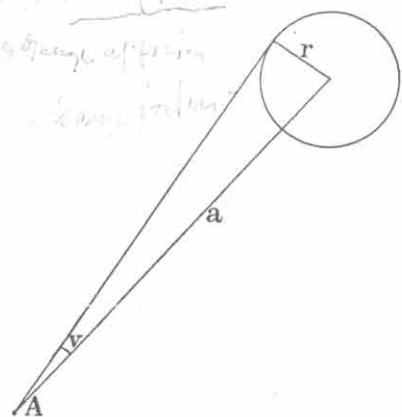


Fig. 45.

Tidsmellemlum. Heraf kan man slutte, at Himmelleget roterer; for alles Vedkommende foregaar denne Rotation ligesom Jordens imod Øst. Solens Rotationstid er $25\frac{1}{2}$ Døgn. — Merkur og Venus har, saavidt man ved, bunden Rotation, d. v. s. de roterer i den samme Tid, som de bruger om at gaa rundt omkring Solen, hvorved de stadig kommer til at vende samme Side mod denne. — Marsdøgnet er omtrent lige saa langt som Jordens, derimod er Jupiter- og Saturndøgnene særlig korte, kun ca. 10 Timer. Disse to Planeter er derfor ogsaa særlig stærkt fladtrykte.

21. Biplaneter.

De fleste Planeter har saakaldte Biplaneter, ogsaa kaldede Maaner eller Drabanter, d. v. s. smaa Himmelleger, der kredser omkring Hovedplaneten følgende de samme Love, som gælder for dennes Bevægelse omkring Solen. Jorden har kun 1 Drabant, Maanen.

Mars har to meget smaa Maaner, som først er opdagede for nylig. Den inderstes Omløbstid er mindre end Mars's Rotationstid; opholdt man sig derfor paa Mars, vilde man faa det sjældne Syn, at se et Himmelleget staa op i Vest.

Jupiter har 8 Maaner. Den næstinderste, hvis Omløbstid er 42 Timer, benyttede Ole Rømer til Bestemmelse af Lysets Hastighed (se Optikken).

Saturn har 10 Maaner og desuden en Ring uden om sig i sit Ækvatorplan. Denne Ring er meget tynd, men har en Bredde af 6000 Mil. Fra Jorden ses den aldrig som en Cirkel, idet den altid ses paa skraa.

Uranus har i det mindste 4 og Neptun 1 Drabant.

22. Maanen.

I Kalenderen staar for hver Dag opført Tiden for Maanens Kulmination samt for dens Op- eller Nedgang; herved kan vi bestemme dens Plads paa Himlen paa samme Maade, som vi tidligere bestemte en Planets Sted, idet vi danner et lignende Skema som S. 60. (Ved Udregningen af den halve Dagbue maa vi huske paa, at Kulminationstiden ofte hører sammen med en Opgangstid for den foregaaende Dag eller med en Nedgangstid for den følgende; i Almanaken staar nemlig kun opført den Op- eller Nedgangstid, der har

mest Interesse for Bestemmelsen af Tiden for Maaneskinnet). Naar vi da indtegner Maanens Plads paa Kortet, idet vi vælger Stillinger med f. Eks. en Uges Mellemrum, viser det sig, at Maanen i knapt en Maaned bevæger sig Himlen rundt imod Øst. Endvidere vil det vise sig, at Banen ikke falder sammen med Ekliptika, men gaar paa begge Sider af denne; en Beregning har vist, at den danner en Vinkel paa 5^0 med den. Projektionen af Banen paa Himlen er en Storcirkel, men den virkelige Bane er en Ellipse med Jorden i det ene Brændpunkt, og med Ekscentriciteten $\frac{1}{18}$; det nærmeste Punkt af Banen kaldes Perigæum, det fjærneste Apogæum. Den apparente Radius er ca. $\frac{1}{4}^0$, men varierer en Del paa Grund af Banens Ellipseform.

Ved den **sideriske** Omløbstid forstaas den Tid, Maanen bruger om et Omløb paa Himlen. I Kalenderen staar denne opført til 27,³² Dage. Rigtigheden af denne Værdi kan vi omtrentlig prøve, idet vi bestemmer Maanens Plads til to Tider, der ligger 27,³² Dage fra hinanden, Maanestillingen skal da være den samme.

Eks. ²⁰/₁ 07 kulminerede Maanen Kl. 5³³ E. Købh. Tid. 27,³² Døgn eller 27 Døgn 7¹ 41^m senere bliver 17 Febr. Kl. 1¹³ F.¹⁾ Følgende Skema opstilles da

Dato	Midnatspunkt	Middagspunkt	Kulmination	Rektascension
²⁰ / ₁	8	20	5 ³³ E.	1 ³³
¹⁶ / ₂	9 ⁴⁴	21 ⁴⁴	3 ²⁴ E.	1 ⁰⁸

Fra ¹⁶/₂ Kl. 3²⁴ E. til ¹⁷/₂ Kl. 1¹³ F. er 9⁴⁹^m. I et Døgn bevæger Maanen sig gennemsnitlig

$$\frac{24}{27,32} \text{ Timer} = \frac{24 \times 60}{27,32} \text{ Min.}$$

¹⁾ En saadan Fremtælling sker let ved Hjælp af Kalenderens Nummerfortegnelse over Dagene.

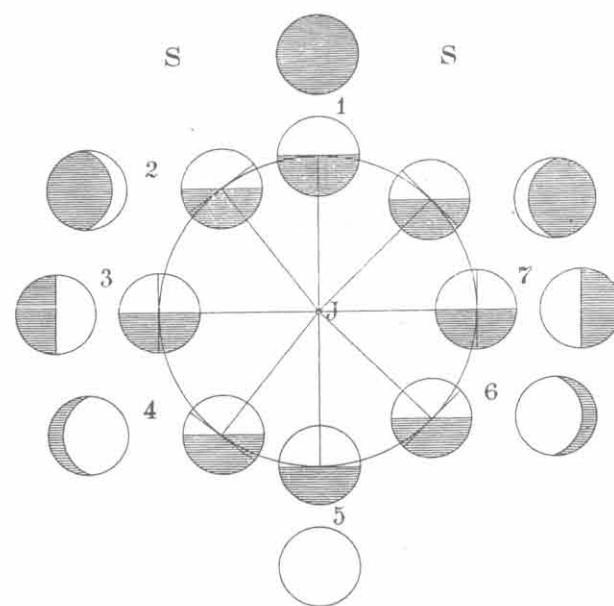


Fig. 46

Under denne sin Bevægelse kommer Maanen i forskellige Belysningsforhold, der gør, at den viser **Faser**. I Fig. 46 er *J* Jordcentret, den store Cirkel Maanens Bane om Jorden, og de smaa Maanen i dens forskellige Stillinger i Forhold til Jorden. Da Solens Afstand fra Jorden er 400 Gange saa stor som Maanens, kan Retningerne fra Jorden til Solen og fra Maanen til Solen anses for parallelle. Solen tænkes staaende i Retningen *S*.

I Stillingen 1 er Maanen i Konjunktion, den vender

Solen, i Konjunktionsstillingerne er Krumningèn mindre end i Oppositionsstillingerne, men Banen er ogsaa her hul imod Solen. Dette kommer af, at Solen er det dominerende Centrallegeme, der tvinger baade Jord og Maane til at gaa rundt om sig.

Foruden de her nævnte Bevægelser har Maanen endnu

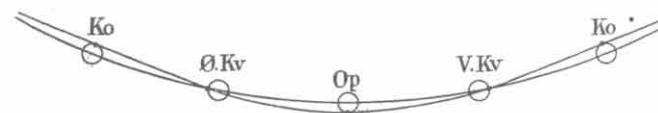


Fig. 50.

en, den roterer nemlig om sin Akse. Denne Rotation er bunden, hvilket vil sige, at Rotationstiden er den samme som Omløbstiden om Jorden. Følgen er, at den altid vender den samme Side mod denne, saa at vi kun kender den ene Halvdel af den.

I Fig. 51 vender saaledes Punktet A paa Maanen i Stilling 1 henimod Jorden J; lader vi nu Maanen bevæge sig 90° om Jorden hen i Stillingen 2 uden at rotere, vil A befinde sig i A_1 , men roterer Maanen tillige 90° om sin egen Akse, kommer A_1 hen i A_2 , og det samme Punkt vender saaledes stadig hen imod Jorden. —

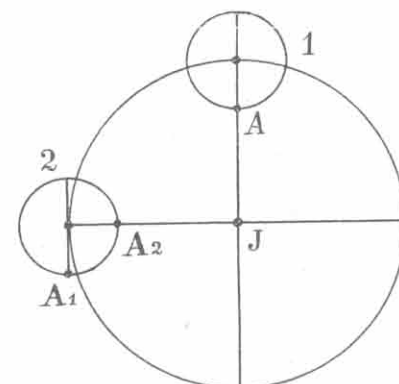


Fig. 51.

I Fig. 46, Stilling 3, er Solen i Færd med at staa op for det Sted, der ligger lige ud for J; dette ligger derefter i Solskin lige til Stilling 7, altsaa i 14 Døgn; saa længe varer altsaa Dagen og lige saa længe Natten.

Medens Solen skinner paa et Landskab paa Maanen, ophedes det meget stærkt, navnlig de Steder, hvor Straalerne falder lodret; der er nemlig ingen Atmosfære til at tilbage-

holde nogle af Straalerne; naar paa den anden Side Solen er gaaet ned, sker der en voidsom Afkøling, idet Udstraa-lingen sker direkte til Verdensrummet, og Afkølingen maa derfor foregaa lige til dettes Temperatur. — At der ingen Atmosfære er paa Maanen, fremgaar af, at naar Maanen indhenter en Stjerne, forsvinder denne lige i samme Øje-blik, den naas af den mørke Rand; var der Atmosfære, maatte Stjernen paa Grund af Lysindsugningen og Refrak-tionen i denne blive gradvis svagere og svagere, inden den helt forsvandt. — De mørke Pletter, der ses paa Maanen, er Skygger, som Bjærgene kaster. Disse Bjærg ligner ikke

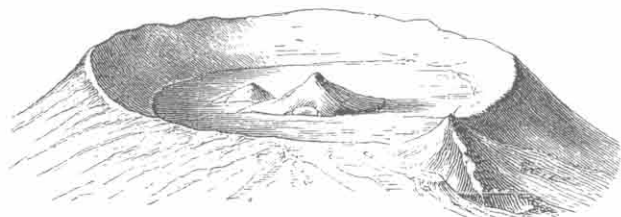


Fig. 52.

vore Bjærg, idet de er ringformede og ligner udslukte Vul-kaner. De kan være meget høje, indtil 20,000 Fod, hvad man kan udmaale af Længden af Slagskyggen. Højden er regnet ud fra den omgivende Slette, ikke fra Havets Over-flade, thi der findes ikke noget Hav; var der Hav, maatte der nemlig ogsaa være Atmosfære, i hvert Fald af Vanddamp.

23. Kalenderen.

Den Tid, der forløber fra Solen er i Vædderens Nul-punkt, til den atter er i samme Punkt, kaldes et **tropisk** Aar; dets Længde er — som tidligere (S. 31) omtalt — $365,2422$ Middelsoldage. **Kalenderaaret** kan naturligvis kun

indeholde et helt Antal Dage, og det maa derfor sættes til 365 Dage. Imidlertid kan det ikke gaa i Længden stadig at regne Aaret omtrent $\frac{1}{4}$ Dag for kort, i Løbet af f. Eks. 100 Aar vilde vi have alle Datoer 25 Dage forrykkede, den 21. Marts f. Eks., da vi skulde have Foraarsjævndøgn, vilde falde 25 Dage før, det virkelig var Jævndøgn, o. s. v.; man maa derfor en Gang imellem lade Aaret være 366 Dage; et saadant Aar kaldes et Skudaar. Reglen for Anbringelsen af disse er baseret paa en 400-aarig Cyklus. I 400 Aar skal der indskydes $400 \times 0,2422 = 96,88$ eller omtrent 97 Skudaar. Dette gøres paa den Maade, at man lader de Aar, hvis Tal er deleligt med 4, være Skudaar; dem er der imidlertid 100 af, altsaa 3 for mange; man undlader da at regne de Aar for Skudaar, hvis Tal er deleligt med 100; dem er der dog 4 af, saa at vi vilde faa 1 Skudaar for lidt; men hvis man saa lader de Aar, hvis Tal er deleligt med 400, være Skudaar, faar vi de 97.

Den her beskrevne Kalender kaldes den Gregorianske. Den har ikke altid været benyttet; før den indførtes, regnedes efter den Julianske, indført af Julius Cæsar Aar 45 f. Kr. Efter denne regnedes Aaret til $365\frac{1}{4}$ Dag, eller man havde med andre Ord Skudaar hvert fjerde Aar. Selv om dette var rigtigere end slet ingen Skudaar at have, saa blev Fej-len dog mærkelig i Aarenes Løb; i 400 Aar bliver den 3 Dage, eller saa meget for sent kommer alle Datoer, den 21. Marts f. Eks. 3 Dage efter Jævndøgn. Fejlen blev første Gang rettet paa Kirkemødet i Nicæa (325), idet man bragte Foraarsjævndøgn tilbage til den rette Dato. Imidler-tid kendte man ikke Aarsagen til Fejlen, og i Aarenes Løb summede den sig derfor op igen, indtil den blev rettet i Aaret 1582 under Pave Gregor d. 13. Fejlen var da løbet op til 10 Dage, og den blev saa rettet paa den Maade, at man Dagen efter d. 4. Oktober skrev den 15. Samtidig indførtes den rigtige Beregningsmaade i alle de katholske Lande, idet man nu havde faaet Kendskab til den rigtige Længde af Aaret. — Den Gregorianske Kalender indførtes i Danmark og Norge Aar 1700, i England 1752 og i Sverrig

1753. Tidsregningen efter den betegnes som ny Stil i Modsætning til den gamle Stil efter den Julianske Kalender, der endnu bruges i Rusland.

Festdagens Beliggenhed. I den kristne Kalender er Festdagens Beliggenhed bestemt ved Maanefaserne, idet der om Paaskens Beliggenhed er fastsat, at den skal falde paa den første Søndag efter første Fuldmaane efter Foraarsjævndøgn (Kirkemødet i Nicæa). Paasken kan derfor tidligst falde den 22. Marts, nemlig i det Tilfælde at Fuldmaanen indtræffer paa selve den 21. Marts, og denne er en Lørdag. Den seneste Grænse er fastsat til den 25. April; er det nemlig Fuldmaane den 20. Marts, falder den næste Fuldmaane $29\frac{1}{2}$ Døgn senere eller den 19. April. Er denne nu en Mandag, bliver Paaskesøndag den 25. April. Endnu kunde det jo tænkes, at den 19. April var en Søndag, men da Paasken ikke maa falde senere end den 25., kommer den i det Tilfælde altsaa til at falde samtidig med Fuldmaanen.

De øvrige Fester retter sig nu herefter. 1. Jan. er Nytårsdag. 6. Jan. hedder Hellig tre Kongers Dag. De følgende Søndage betegnes 1., 2., 3. o. s. v. Søndag efter Hellig tre Konger indtil Søndagen Septuagesima, der er den 9. før Paasken. Der kan altsaa mindst komme 1 og højst 6 Søndage efter Hellig tre Konger. Søndagen efter Septuagesima hedder Sexagesima, og den næste er Fastelavns Søndag. Herefter følger 1., 2. til 5. Søndag i Fasten, hvorefter kommer Palmesøndag, der er den sidste før Paasken.

Pintse er den 7. Søndag efter Paaske. Fredagen mellem 3. og 4. Søndag efter Paaske hedder Store Bededag, og paa Torsdagen mellem 5. og 6. Søndag efter Paasken falder Kristi Himmelfartsdag. Søndagen efter Pintse hedder Trinitatis, og de derefter følgende Søndage hedder 1., 2., 3. o. s. v. Søndag efter Trinitatis lige indtil Adventssøndagene, der er de 4 Søndage før Juledag, som er den 25. Decbr. Efter Paaskens Beliggenhed kommer der derfor højst 27 og mindst 22 Søndage efter Trinitatis.

24. Kometer og Stjærneskud.

Naar en Komet ses i det fjærne gennem Kikkerten, viser den sig som en rundagtig Taagemasse, der dog kendes

fra en almindelig Stjærnetaage derved, at den flytter sig. Efterhaanden som den kommer saa nær, at den kan ses med det blotte Øje, udsender den en lang Hale i Retningen bort fra Solen. Halen begynder som en umiddelbar Fortsættelse af den rundagtige Del, Hovedet, men dens Lys bliver efterhaanden svagere i større Afstand derfra; den forsvinder igen, naar Kometen atter fjærner sig. Inde i Hovedet findes gjerne en stærkere lysende Del, Kærnen.

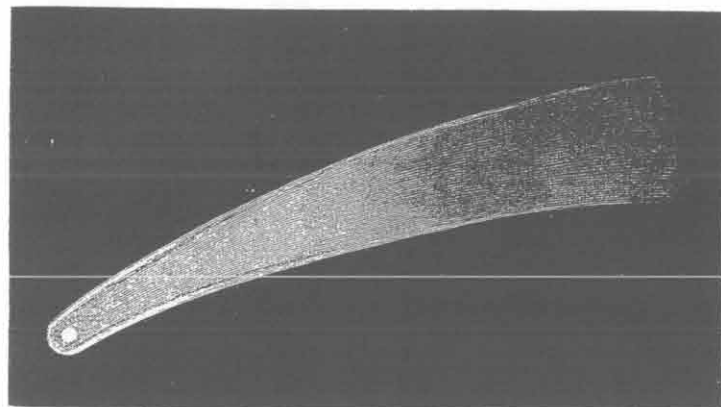


Fig. 53. Komet fra 1811.

Halen synes at opstaa ved Udstømninger fra Kærnen, naar Kometen kommer i Nærheden af Solen. Udstømningerne begynder med at gaa hen imod Solen, men bøjer snart om og omgiver Hovedet som en Kappe. Hvad det er for frastødende Kræfter, der her træder i Virksomhed og bevirker, at Halen kommer til at vende bort fra Solen, er man ikke enig om; man har tænkt paa en elektrisk Frastødning, idet Solen skulde være ladet med Elektricitet, man har ogsaa tænkt sig Fænomenet som en Virkning af Lyset, idet dette udøver et Tryk paa de Legemer, det rammer, et Tryk, der i Almindelighed er umærkeligt, men for Legemer af en vis meget ringe Størrelse kan overskride Solens Massetiltrækning til dem.

En Komets Masse er overordentlig ringe, idet den aldeles ikke virker forstyrrende paa Planeter, i hvis Nærhed den kommer, hvorimod den selv kan faa sin Bane i høj

Grad forandret ved at komme i Nærheden af de større Planeter. En Lysstraaie svækkes ikke synderligt ved at gaa igennem Kometen og lider heller ingen Retningsforandring. Undersøges Lyset i Spektroskopet, faas det alm. Solspektrum, altsaa er Kometen synlig ved tilbagekastet Lys. Den bestaar derfor rimeligvis af en Mængde Smaalegemer, »kosmisk Støv«, gennem hvilket Stjernelyset kan trænge uden Retningsforandring, ligesom Lyset kan gaa gennem en Støvsky her paa Jorden. Desuden viser Spektroskopet, naar det rettes mod visse Dele af Kometen, nogle svagt lysende Linjer eller Baand af samme Slags, som man faar ved at lade elektriske Udladninger gaa gennem Geislerske Rør fyldte med en Blanding af Kulilte og Kulbrinte.

Da Kometerne kun er synlige i saa lille en Del af deres Baner, er det vanskeligt at bestemme disse nøjagtigt. Newton fandt, at de bevægede sig uden om Solen i Overensstemmelse med de Keplerske Love, kun med den Forskel, at Banen i de aller fleste Tilfælde viste sig at være en Parabel. Imidlertid er det dog vanskeligt at afgøre, om ikke det lille Stykke af Banen, paa hvilket Kometen er synlig, snarere svarer til en meget langstrakt Ellipse. Sikkerhed herfor faar man først, hvis Kometen kommer igen, altsaa viser sig at være periodisk. Kendetegnet herpaa er, at Bestemmelsen af Banen viser denne sammenfaldende med en tidligere bestemt Bane, det maa da være en og samme Komet, man har for sig. Paa denne Maade har man i Virkeligheden fundet flere periodiske Kometer. Saaledes har Halleys Komet en Omløbstid paa omtrent 76 Aar. Dens Perihelium ligger indenfor Venusbanen, medens dens Aphelium ligger udenfor Neptunbanen. Enckes Komet har en Omløbstid paa ca. 3 Aar og kommer i Periheliet tæt ind ved Solen, nemlig indenfor Merkurbanen. Bielas Komet hører ligeledes til de periodiske, den har en Omløbstid paa 6,7 Aar; den er et Eksempel paa, hvor lidt sammenhængende Kometerne Masse er, idet den først efter at have været observeret gentagne Gange som en enkelt Komet, viste sig i 1845 og 1852 som delt i to selvstændige Kometer. Den

har ikke senere været set, derimod faldt der i 1872 og 1885 paa den 27. Novbr., da Jorden passerede dens Bane, en voldsom Mængde Stjærneskud, der syntes at hidrøre fra denne Komet, der saaledes muligen har opløst sig yderligere.

Stjærneskud kan have alle Størrelser fra ganske smaa teleskopiske til saa store, at de overstraaler Jupiter eller Venus i Glans. Er de saa store, at deres Diameter kan maales, eller at de oplyser Synskredsen om Natten, kaldes de Ildkugler. De bestaar af Sten, der ved at fare med stor Hastighed gennem Luften bliver glødende paa Grund af Luftgnidningen; samles de op, viser de sig at bestaa af samme Slags Stoffer, som vi kender her paa Jorden, nogle af dem indeholder navnlig Jærn, Meteorjærn.

Stjærneskuddene kommer fortrinsvis paa bestemte Nætter, de er altsaa periodiske; saaledes kommer den saakaldte Laurentius Sværm hvert Aar omkring den 10. Aug., St. Laurentii Dag. En anden Sværm kommer mellem 12. og 14. Novbr., dog i særlig stor Mængde hver 33.—34. Aar. Periodiciteten maa hidrøre fra, at der uden om Solen gaar en Ring af Meteoror; naar Jorden kommer i Jordbanens og Meteorbanens Skæringspunkt, vil disse Meteoror styrte ind paa Jorden. Meteorernes Baner ligner i høj Grad Kometerne; man har derfor ment, at disse Meteoror er Rester af Kometer, der ved Solens Tiltrækning er blevne »tværede ud« til en Ring af Smaalegemer, der kredser om Solen efter de sædvanlige Love. Er det rigtigt, at en Komet, som før nævnt, bestaar af en Mængde Smaalegemer, kan disse jo ikke have ganske samme Omløbstid; de Solen nærmeste maa føres hurtigere rundt end de fjernere, og det kan da meget vel tænkes, at en saadan Ringdannelse kan foregaa. Er Ringen lige tyk over det hele, kommer Sværmen lige stærkt hvert Aar; er Meteorerne derimod særlig ophobede paa enkelte Steder, kan den vise sig stærkest med visse Mellemrum.

25. Formørkelser.

En Formørkelse opstaar, naar et Himmellegeme kommer ind i et andet Himmelleghemes Skygge. De Formørkelser, der har mest Betydning for os Jordbeboere, er Maaneformørkelser og Solformørkelser.

Maaneformørkelser.

Skal en Maaneformørkelse indtræde, maa Jorden komme imellem Solen og Maanen, saaledes at denne kommer ind i Jordens Kærneskygge, hvorimod det ikke forhindrer Maanens Glans synderlig, naar den kommer ind i Halvskyggen. At Maanen kan komme ind i Kærneskyggen, ligger i, at Maanebanen kun danner en lille Vinkel

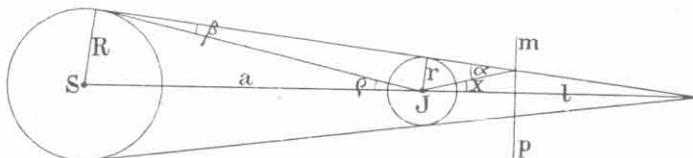


Fig. 54.

med Ekliptika, og at Jordskyggens Længde er større end Maanens Afstand fra Jorden. Skyggens Længde kan vi udregne af Jordens Afstand fra Solen og af Forholdet mellem Sol- og Jordradius. Af Fig. 54, hvor Cirklerne forestiller Solen og Jorden, faas Skyggeaksen l , regnet fra Jordcentret, bestemt ved

$$\frac{l}{a+l} = \frac{r}{R}$$

Man faar heraf $l = 217$ Jordradier.

En partiel Maaneformørkelse indtræffer, naar Maanen kun delvis dypper ned i Kærneskyggen, en total, naar den helt kommer ned i den. Hvorvidt Maanen helt kan være nede i Skyggen eller ej, kan vi faa at vide ved at lægge et Snit mp vinkelret paa Skyggeaksen i Maanens Afstand, udregne Radius i Cirklen og se, om den er større end Maanens Radius. I Stedet for at sammenligne de virkelige Radier, kan vi ogsaa sammenligne de apparente Radier eller

de Vinkler, hvorunder Maanen og Snittet ses fra Jordcentret. Maanens apparente Radius er gennemsnitlig $15\frac{1}{2}$ Bueminut, Snittets apparente Radius x faas (Fig. 54) at

$$x + \varrho = \alpha + \beta$$

$$x = \alpha + \beta - \varrho.$$

α er den Vinkel, hvorunder Jordens Radius ses i Maanens Afstand, altsaa Maanens

Parallakse $57'$; β ses paa samme Maade at være Solens Parallakse eller $8,9''$; ϱ er Solens apparente Radius, gennemsnitlig $16'$. x bliver altsaa ca. $41'$, hvilket er mere end $2\frac{1}{2}$ gange Maanens apparente Radius, saa at Formørkelsen altsaa for den Sags Skyld godt kan blive total.

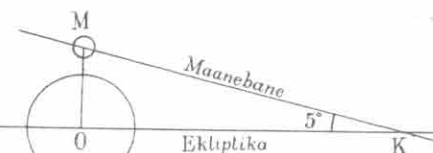


Fig. 55.

Maaneformørkelsen indtræder ved Fuldmaane, det er jo imidlertid ikke hver Fuldmaane, der giver Formørkelse; dette kommer af, at Maanebanen ikke ligger i Plan med

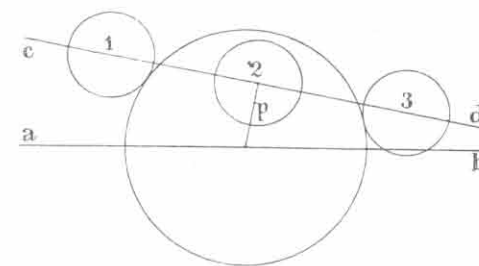


Fig. 56.

Jordbanen. I Fig. 55 forestiller den store Cirkel det omtalte Snit med Skyggekeglen i Maanens Afstand set fra Jordcentret. Dette sidste kan vi altsaa tænke os foran Papiret og Solcentret endnu længere borte i samme Linje. I Fuldmaaneøjeblikket skal Maanens Elongation være 180° , d. v. s. at Vinklen mellem Sigtelinjen fra Jordcentret til Solcentret og Sigtelinjen fra Jordcentret til Maanecentrets Projektion paa Ekliptika skal være 180° . Maanecentrets Projektion maa altsaa falde i O , og Maanen selv maa staa i M . Den i Figuren valgte Fuldmaane giver altsaa ingen Formørkelse. En saadan vil derimod kunne

finde Sted med en Fuldmaane, der ligger nærmere ved Banernes Skæringspunkt *K* (Knuden). Fænomenet faar da det Udseende, som er vist i Fig. 56, hvor *ab* er Ekliptika, og *cd* Maanebanen. I Stillingen 1 er Maanen i Færd med at træde ind i Skyggen, i Stillingen 2 er Maanen dybest inde i denne, og i 3 er Formørkelsen i Færd med at høre op.

Solformørkelser. En saadan kan indtræde, naar Maanen kommer imellem Solen og Jorden, saaledes som vist i

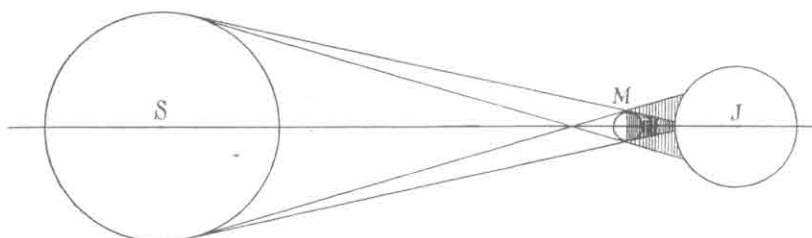


Fig. 57.

Fig. 57, hvor det dog maa bemærkes, at de relative Størrelsesforhold for de tre Himmelleger og deres Afstande saavel i denne som i de andre Figurer er ganske forkerte paa Grund af det umulige i paa en lille Plads, som Papiret tillader, at fremstille de rigtige. Maaneskyggens Længde er gennemsnitlig 59 Jordradier, Aksen kan altsaa lige netop naa Jordoverfladen, hvor den frembringer en mørk Plet paa højst 20—30 Mil i Diameter (Fig. 58, hvor den store Cirkel er Jorden). Befinder man sig i denne, kan man slet ikke se Solen, man har altsaa en total Solformørkelse. Uden om frembringer

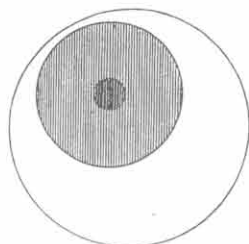


Fig. 58.

Halvskyggen en halvmørk Plet; befinder man sig i denne, vil Formørkelsen være partiel, idet en Del af Solen vil være skjult; hvormeget der er skjult, faar man at vide ved at omskrive Maanen med en Kegel med Toppunkt i Øjet; hvad denne Kegel afskærer af Solen kan ikke ses.

Idet Maanen bevæger sig om Jorden, flyttes Skyggerne hen over denne; der bliver altsaa Steder, som slet ingen Formørkelse faar at se; andre rammes kun af Halvskyggen og faar altsaa en partiel Formørkelse; et vist Bælte af Jorden endelig rammes af begge Skygger, og Formørkelsen begynder da som partiel, for gennem total igen at ende som partiel. I Fig. 59 er Formørkelsen i Færd med at begynde (Stilling I af Maanen) og at høre op (Stilling II), *a* er det første Sted paa Jorden, der rammes af Halvskyggen; Solen er i Horizonten og i Færd med at staa op, hvilket ses af Rotationsretningen. I *b* er Skyggen i Færd med at forlade

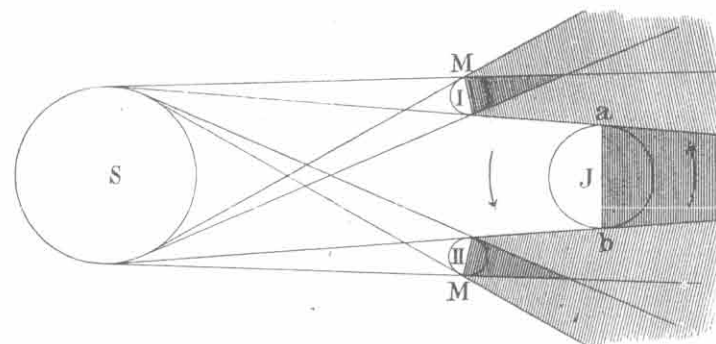


Fig. 59.

Jorden, det er ved dette Steds Aftentide. Figuren tegnes ved først at lægge de ydre Fællestangenter til Sol og Jord og derpaa tegne Maanestillingerne tangerende disse.

Det er jo ved Nymaane, at Solformørkelsen indtræffer; at det ikke er hver Nymaane, der giver Formørkelse, ligger — ligesom ved Maaneformørkelsen — i, at Maanebanen hælder i Forhold til Ekliptika; Maanen maa være i Nærheden af et af Banernes Skæringspunkter, hvis ikke Skyggerne skal gaa helt uden om Jorden. — Da de tre Himmellegeres Afstande varierer en Del, vil det kunne indtræffe, at Kærneskyggens Længde er en Del kortere end Gennemsnitsværdien, saa at den ikke kan naa helt ind til Jordoverfladen. Maanens apparente Radius er i dette Tilfælde lidt mindre end Solens, saa at Maanen set fra Jorden ikke

dækker Solen fuldstændig; staar man i Forlængelsen af Skyggeaksen, vil man derfor se den mørke Maane omgivet af en lysende smal Ring; en saadan Formørkelse kaldes ringformig.

Opgave. Udregn hele Formørkelsens Varighed ved at udregne, hvor lang Tid Maanen bruger om at bevæge sig fra Stilling I til Stilling II.

26. Fiksstjærnernes Afstande.

Som vi tidligere har set, finder man et Himmelleghemes Afstand ved at maale dets Parallaxse. Parallaxse, i samme

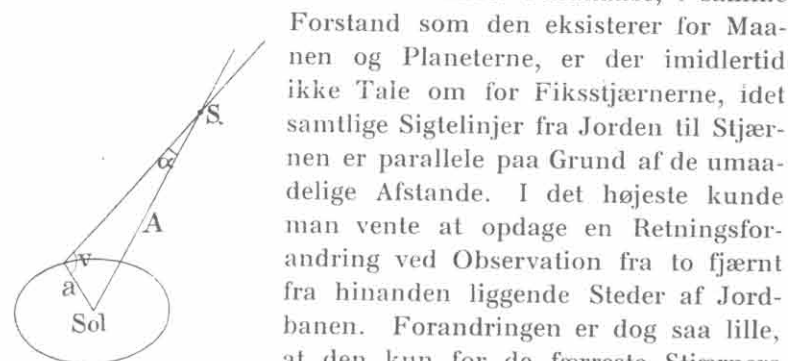


Fig. 60.

Forstand som den eksisterer for Maanen og Planeterne, er der imidlertid ikke Tale om for Fiksstjærnerne, idet samtlige Sigtelinjer fra Jorden til Stjærnen er parallelle paa Grund af de umaadelige Afstande. I det højeste kunde man vente at opdage en Retningsforandring ved Observation fra to fjærnt fra hinanden liggende Steder af Jordbanen. Forandringen er dog saa lille, at den kun for de færreste Stjærners Vedkommende kan konstateres og maales. Dette sidste er navnlig Tilfældet for de saakaldte optiske Dobbeltstjærners Vedkommende, d. v. s. Stjærner, til hvilke Sigtelinjerne falder saa nær sammen, at det blotte Øje ikke kan se mere end 1 Stjerne, medens man i Kikkert kan faa den ene opløst i 2 eller undertiden flere. Den ene af disse Stjærner staar da mange Gange længere borte fra Jorden end den anden, og kan derfor betragtes som staaende ganske stille, medens den nærmere af dem under Jordens aarlige Bevægelse vil kunne ses at flytte sig i Forhold til hin, et Bevis paa at Sigte-

linjen skifter Retning. — Ved Parallaxsen forstaas nu Vinklen mellem Sigtelinjen fra Jorden og fra Solen til Stjærnen, altsaa $\angle \alpha$ (Fig. 60). Er Jordens Afstand fra Solen a , og dennes Afstand fra Stjærnen A , da har vi

$$\frac{\sin \alpha}{\sin v} = \frac{a}{A},$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{A} \cdot \sin v.$$

α er altsaa størst, naar $v = 90^\circ$. At v kan blive 90° ses af Fig. 61, hvor Cirklen forestiller Jordbanen liggende i Papirets Plan, og s Sigtelinjernes Projektion paa Jordbaneplanet. v bliver 90° i de to Stillinger, 1 og 2, af Jorden, hvor s staar vinkelret paa a , altsaa da Stjærnen er i Kvadratur. Stjærnenes Flytning er altsaa størst ved Jordens Bevægelse fra 1 til 2, og det halve af denne Flytning er da den største Værdi af α . Af denne findes Afstanden A til Solen, idet

$$A = \frac{a}{\sin \alpha}.$$

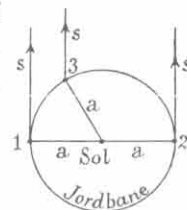


Fig. 61

A er at anse for lige saa stor som Afstanden til Jorden. — Den største maalte Parallaxse er for Stjærnen α i Kentauren, den er knapt $1''$. Vilde man udtrykke den hertil svarende Afstand i Mil, vilde man komme til aldeles svimlende Tal, derfor udtrykker man Afstanden i »Lysaar«, d. v. s. man angiver, hvor mange Aar Lyset, som jo gaar 40,000 Mil i hvert Sekund, er om at naa fra Stjærnen til Jorden.

I det $\sin 1'' = \frac{1}{60^2 \times 57}$, faas for den nævnte Stjerne

$$A = \frac{20 \times 10^6 \times 60^2 \times 57}{40,000 \times 60^2 \times 24 \times 365^{1/4}} \text{ Aar}$$

eller omtrent $3^{1/2}$ Aar.

27. Himmellegemernes fysiske Beskaffenhed.

Solen. Solens Masse er ca. $\frac{1}{3}$ Million Gange Jordens; dens Rumfang er derimod $1\frac{1}{3}$ Mill. Gange Jordens, dens Vægtfylde bliver da $\frac{\frac{1}{3}}{1\frac{1}{3}} = \frac{1}{4}$ af Jordens. — Som tidligere

(S. 72) nævnt roterer Solen om en Akse, hvad man har faaet at vide ved Iagttagelse af Solpletterne. Disse kan være af meget forskellig Form og Størrelse, man har ikke sjældent set Pletter, hvis Diameter har været 3—4 Gange saa stor som Jordens Diameter. Fælles for dem er, at de bestaar af en mørk Kærne omgivet af en lysere Halvskygge, der er temmelig skarpt afgrænset fra Kærnen; tværs over denne

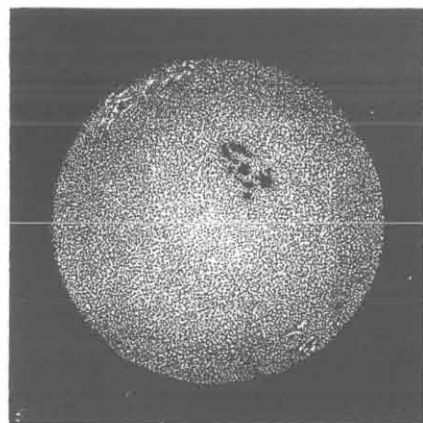


Fig. 62.

kan der strække sig en eller flere Lysbroer. I Nærheden af Pletterne er der ofte Partier, som har et stærkere Lys end den øvrige Skive, de saakaldte Solfakler. (Fig. 62 og 63).

Solpletterne er ikke lige hyppige paa alle Dele af Sol-skiven, de viser sig i Reglen mellem 5° og 30° nordlig eller sydlig Bredde. De er heller ikke lige hyppige til alle Tider, idet de har en 11-aarig Periode: hvert 11. Aar er der Maksimum, og hvert 11. Aar Minimum af Pletter. Denne Periode falder aldeles sammen med en Periode i forskellige magnetiske Fænomener her paa Jorden; saaledes er Størrelsen af de daglige Variationer af Misvisningen størst, naar

der er Solpletmaksimum og mindst ved Solpletminimum: endvidere er Polarlysenes Hyppighed underkastet den samme Periode, idet Antallet af Nordlys i det tempererede Bælte er størst i Aar med mange Solpletter.

Under totale Solformørkelser, hvor altsaa hele det egentlige Sollegeme er skjult af Maanen, ser man uden om Maaneranden forskellige røde Udvækster, de saakaldte Protuberantser. Ved Spektroskopets Hjælp kan man gøre dem synlige ogsaa til andre Tider. At dette kan lade sig gøre forstaas paa følgende Maade: Protuberantserne bestaar af 'glødende Luftarter, og projicerer man ved Hjælp af en stærk astronomisk Kikkert Solbilledet paa et Spektroskops Spalte saaledes, at Spalten tangerer Solbilledets Rand paa et Sted, hvor der findes en Protuberants, vil denne give et Emissionsspektrum bestaaende af lyse Linjer. Disse bliver imidlertid til Dels overstraaede af det Solspektrum, som hidrører fra den oplyste Jordatmosfære. For at svække dette Lys anvender man et Spektroskop med flere stærkt spredende Prismes; herved opnaas nemlig, at Atmosfærespektret spredes over en stor Flade og derfor bliver meget lyssvagt, medens det samme ikke bliver Tilfældet med de enkelte Protuberantslinjer, der blot flyttes længere fra hinanden, ja man kan paa den Maade endog aabne Spalten saa meget, at hele Billedet af Protuberantsen ligger i den, og i Spektroskopet ser man da et ensfarvet Billede af Protuberantsen i dennes virkelige Form paa Baggrund af det svage kontinuerede Spektrum. Dette Billede kan man lade falde paa en fotografisk Plade og saaledes faa et fotografisk Billede af Protuberantsen. Disse Protuberantser har meget fantastiske Former, og viser sig snart som Røg eller Skyer, snart som voldsomme Udslyngninger, der med stor Fart kastes op til Højder paa flere Gange Jordens Diameter. Indholdet er navnlig Brint og Helium.

Ved Hjælp af Spektroskopet har man endvidere fundet, at der uden om Solranden findes et Lag, der giver samme Spektrum som Protuberantserne, dette Lag kaldes Kromosfæren. Et andet Fænomen, der altid viser sig under

totale Solformørkelser, er den saakaldte Korona. Den omgiver den mørke Maaneskive og Protuberantiserne med en Glorie, der kan være mere eller mindre stærkt lysende; inderst ved Maaneranden kan dens Glans være saa stærk, at den er besværlig for Øjet. Om dens Natur ved man intet synderligt (Fig. 64 og 65).

Paa Grundlag af det Kendskab til Solens Konstitution, som Spektroskopet har givet os, maa det formodes, at

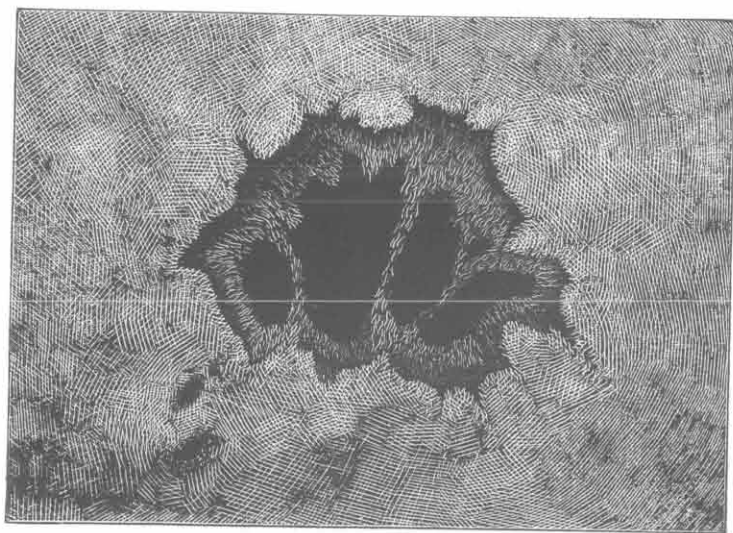


Fig. 63.

Solens Indre udgøres af en glødende Masse, der maaske er draabeflydende, men dog rimeligvis bestaar af Luftarter i stærkt kondenseret Form. Paa Overfladen findes Fotosfæren, der som et Lag af lysende Skyer omgiver Sollegemet og danner den Solskive, vi ser. Over disse Skyer ligger Atmosfæren til en Højde af et Par Hundrede Mil; i denne foregaar den Lysindsugning, der i Spektroskopet giver de Fraunhoferske Linjer. Oven, over denne hæver sig til en Højde af ca. 1000 Mil den egentlige Kromosfære, der bestaar af lettere Luftarter, navnlig Brint og

Helium, et Stof der forekommer i meget ringe Mængde i Jordens Atmosfære og i visse sjældne Mineralier. Fra denne

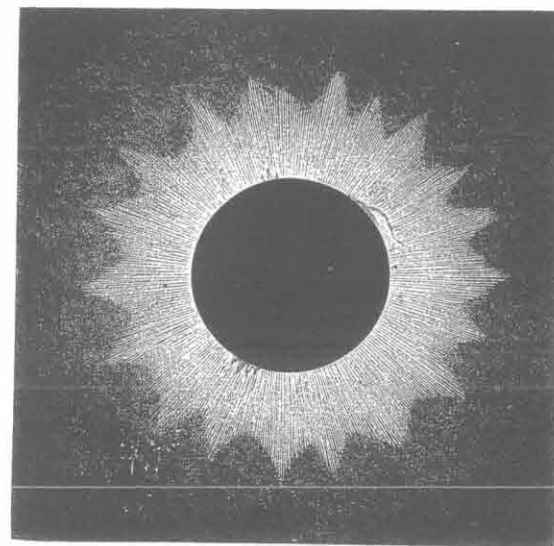


Fig. 64. Total Solformørkelse.

Kromosfære er det, at Protuberantserne slynges i Vejret, muligvis ved indre Udbrud, som sønderriver Fotosfæren og trænger en Del af Skyerne til Siden, hvorved Solfaklerne dannes.

Det blev sagt, at Fotosfæren var som et Lag af Skyer, der omgav det indre af Solmassen. Sagen er jo nemlig, at ved den høje Temperatur, som her er Tale om, 6000°—7000° C., maa alle Stoffer ikke blot være smeltede, men ogsaa fordampede; nu giver jo imidlertid Fotosfæren et

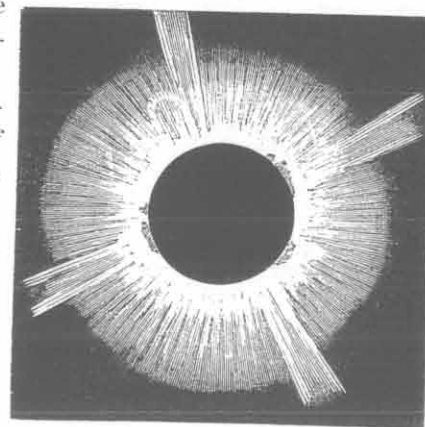


Fig. 65. Total Solformørkelse.

kontinuert Spektrum, og dette faas som bekendt fra faste Stoffer eller Vædske; vi maa derfor antage, at denne Fotosfære slet ikke er noget egentlig Lag i Solen, men bestaar af Skyer, der dannes i den ydre Del af den glødende Luftkugle, der udgør Solens Masse. Som Indhold for disse Skyer kan vi tænke os et Stof, hvis Smeltepunkt ligger meget højt, og som derfor ogsaa har let ved at gaa over fra Damp til fast eller flydende Form, f. Eks. Kul. Saa-
dan en Sky kan imidlertid snart igen gaa over i Dampform, naar Temperaturen af en eller anden Grund stiger

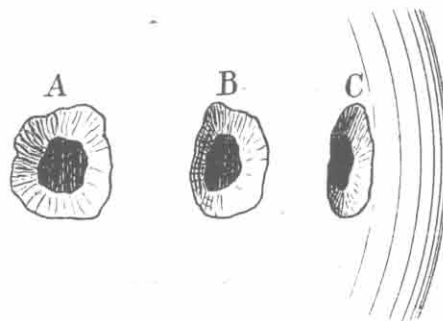


Fig. 66.

og skønt Flammen herved bliver hedere, hører den dog op med at lyse. Naar der saaledes dannes Skyer, som kommer og forsvinder med korte Mellemrum over hele Soloverfladen, kan vi forstaa det uregelmæssige, ligesom koparrede Udseende, som denne fremviser i Kikkert eller paa Fotografi (smlgn. Fig. 62), de lyse Korn kaldes for øvrigt Granulationer.

Hvad Pletterne angaar, da er disse for det første ikke størknede Slagger i den ellers flydende Solmasse, saaledes som man tidligere har antaget og deri set et Tegn til, at Solen begyndte at afkøles. Pletterne er tragtformige Fordybninger i Fotosfæren. Dette fremgaar af det forandrede Udseende, som en Plet, undergaar paa Vejen fra Midten af Skiven til henimod Randen af Solen (Fig. 66). Halvskyggen paa den vestlige Side bliver stadig mindre og mindre, saa-

paa vedkommende Sted, og Lysstyrken bliver da mindre paa dette Sted. Noget ganske tilsvarende kender vi fra den Bunsenske Flamme: lukker vi for Lufthullerne, lyser Flammen, fordi der udskilles glødende Kulpartikler i den, lukker vi op for Luften, forsvinder Kulpartiklerne igen,

ledes at Kærnen kommer til at ligge usymmetrisk, men saaledes maa Fænomenet netop vise sig, naar det er en tragtformig Fordybning, der bevæger sig hen over Soloverfladen, hvilket fremgaar af Fig. 67, der viser Projektioner af Tragten *abcd* i forskellige Afstande fra Solranden.

Nu kunde man maaske undres over, at Pletten overhovedet viser sig mørk, naar den hidrører fra en Fordybning i Fotosfæren, thi længere inde i Solen maa Temperaturen være højere, og man skulde derfor tro, at Lyset, der udgik herfra, var stærkere. Holder vi imidlertid fast ved Skyhypotesen, bliver Sagen forstaaelig nok. Af en eller anden Aarsag er der opstaaet en Temperaturstigning paa det paagældende Sted af Fotosfæren, f. Eks. maaske ved at der er opstaaet en »Faldvind«, hvorved nedstyrtende Luftmasser

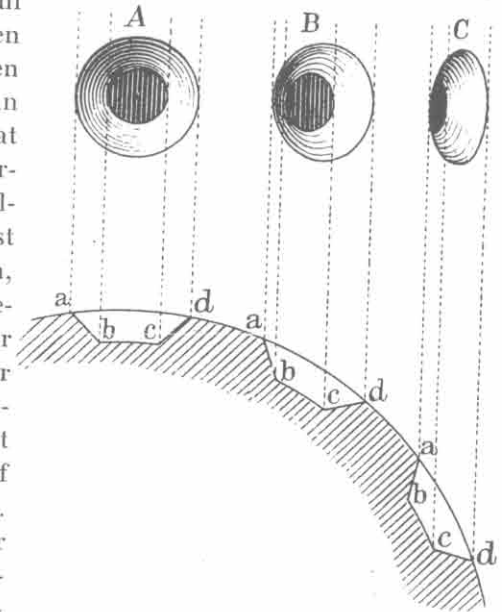


Fig. 67.

koncentreres og ved Sammenpresningen udvikler Varme; Skyerne forsvinder da paa dette Sted, og skønt Temperaturen stiger, bliver Lysudstrålingen mindre.

Pletterne er altsaa aldeles ikke Tegn paa, at Solen afkøles, den synes snarere at holde sin Temperatur ganske uforandret. At dette er muligt trods den uhyre Mængde Varme, som den hvert Sekund sender ud i Verdensrummet, forklarer man ved at antage, at den ganske langsomt trækker sig sammen; ved en saadan Proces vil der nemlig ud-

vikles saa megen Varme, at en yderst lille Sammentrækning vil være tilstrækkelig til at erstatte Varmetabet.

28. Merkur og Venus. Om disse Planeters fysiske Forhold ved vi kun meget lidt. Merkur staar saa tæt ved Solen, at den kun kan ses i ganske kort Tid før Solens Opgang eller efter dens Nedgang, og Uroen i Luften fremkaldt ved Solstraalernes Opvarmning besværliggør da i høj Grad Undersøgelsen. Venus har sikkert en Atmosfære, thi

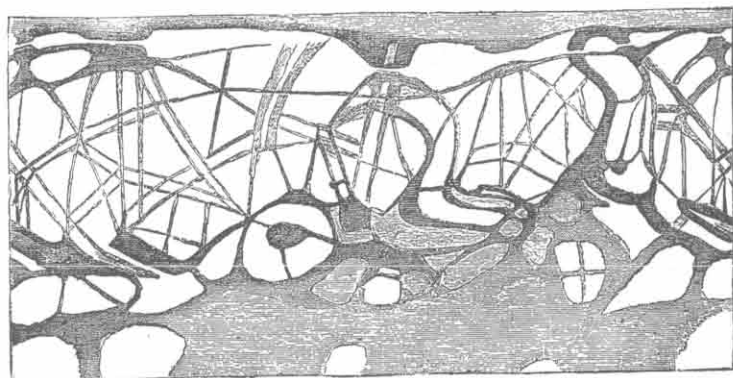


Fig. 68. Marsoverflade.

Grænsen mellem Lys og Mørke er ikke skarp, men der finder en jævn Overgang Sted, og Lyset strækker sig over en større Del af Planetens Overflade, end det efter Stillingen mod Solen skulde gøre. Atmosfærens Tæthed ved Overfladen er ca. $1\frac{1}{2}$ Gang saa stor som Jordatmosfærens Tæthed ved Overfladen. Rimeligvis kastes Sollyset tilbage allerede, inden det naar Overfladen, saa at det, vi ser skinne, er Venusatmosfærens nedre af Skyer fyldte Regioner; kun en Gang imellem skinner Overfladen igennem som grålige Pletter.

29. Mars. Denne Planet frembyder adskilligt bedre Betingelser for Undersøgelse end de to førstnævnte. I Oppositionsstillingen er den altid Jorden temmelig nær, men

da dens Bane er mere langstrakt end Jordbanen, er enkelte Oppositioner særlig gunstige; i saadanne er Afstanden kun $7\frac{1}{2}$ Millioner Mil; disse gunstige Oppositioner gentager sig med en Periode af 15 Aar. Mars viser sig som en smuk stor, temmelig rød Stjerne, paa hvis Skive man gennem en større Kikkert ser en Mængde Detailler, de saakaldte Landskaber. Der ses store rødbrune Partier, der muligvis er Lande, og andre mørkere Partier af graalig Farve, der antages at være Vand. Særlig mærkelige er to Pletter ved Planetens Poler af en klar hvid Farve; de svarer muligvis til vor Polaris; herpaa tyder den Omstændighed, at de bliver mindre eller større, efter som vedkommende Pol hælder mere eller mindre ind imod Solen. De mørke Partier paa Mars er forbundne ved en Mængde mørke Striber, de saakaldte Kanaler, der navnlig er undersøgte af den italienske



Fig. 69. Planeten Mars.

Astronom Schiaparelli. De er mellem 70 og 700 Mil lange og 15 til 35 Mil brede. I 1882 opdagede Schiaparelli det mærkværdige Fænomen, at disse Kanaler fordobledes, idet der dannedes nye parallelt med de gamle, et Fænomen paa hvilket Forklaringerne er forskellige.

Mars har en Atmosfære, hvad der fremgaar dels af, at større eller mindre Partier bliver dækkede som af et Slør, dels af, at Landskaberne er noget udviskede ved Marsskivens Rand.

Som Følge af Schiaparellis Opdagelse har Mars i den senere Tid været Genstand for meget indgaaende Undersøgelser. Lowell har saaledes iagttaget et mærkeligt Farveskifte i Mars' »Have«. Under Sneens Smeltning finder han

Egnene om Sydpolen mørkeblaa; senere faar de et blaa-grønt Skær, som gennem brunt gaar over til okkergult. I Slutningen af den sydlige Halvkugles Sommer bliver de store »Indhave« gule, og til Slut bliver hele den sydlige Halvkugle bleggul, hvorved alle Konturer udviskes. »Havene« kan derfor næppe være af samme Art som vore, men snarere udstrakte Sumpe dækkede af Vegetation, der spirer, naar Smeltevandet fra Polerne bringer sin oplivende Virkning, men senere paa Aaret visner igen. — Hvad Kanalerne angaar, da har de for nogles Vedkommende vist sig at bestaa af Kæder af »Søer«, de fleste er dog helt uafbrudte, men udgaar gerne fra en »Sø«. Undertiden gaar de tværs over et »Hav« og fortsættes paa den modsatte Kyst, ja Lowell har endog set en Havbund paa visse Aartider dækket med et helt Næt af Striber eller Kanaler. Den Teori angaaende Kanalernes Dannelse, der som Følge af disse Kendsgerninger mere og mere fæstner sig, er den saakaldte »Spalteteori«. Mange Forskere, bl. a. Arrhenius, antager, at Kanalerne er opstaaede ved at Planetens Kærne, der stadig afgiver Varme udad til, trækker sig hurtigere sammen end Skorpen, hvorved der dannes Hulrum under denne. Naar Skorper bryder sammen, dannes der Huller (»Søer«), hvorfra der i alle Retninger udstraaler lange Revner (»Kanaler«). Naar Skorpen brister i Nærheden af Kysterne, vil Revnerne selvfølgelig fortsættes gennem de mørke Regioner, ja maaske helt over til den modsatte Kyst, ligesom der heller ikke er noget mærkeligt i, at Bunden af større Søer kan vise et Næt af Kanaler, ikke mærkeligere i hvert Fald end, at man kan se Revner i Dyndet i et udtørret Gadekær. — Denne Spalteteori kan da muligen ogsaa forklare Kanalernes Fordobling til visse Tider. Meget tyder nemlig paa, at Kanalerne og de mindre Have er dybest ved Randen, som om Bunden i Midten var pustet op fra det Indre. Naar nu Smeltevandet fra Polerne flyder ud i Kanalerne, maa disse vise sig mørkest ved Randene og ganske faa Udseende af at være dobbelte. Denne Forklaring, der skyldes H. E. Lau, overflødiggør paa en meget ukunstlet Maade de over-

legent dygtige Ingeniører, med hvilke enkelte Marsforskere har troet det nødvendigt at befolke vor røde Naboplanet for at kunne forklare de mærkværdige Forhold, som de saa gaaende for sig deroppe.

30. Jupiter. Denne Planet viser sig for det blotte Øje som den næstklareste af alle Stjærner, idet den i Glans kun staar tilbage for Venus. I en god Kikkert ser vi altid paa

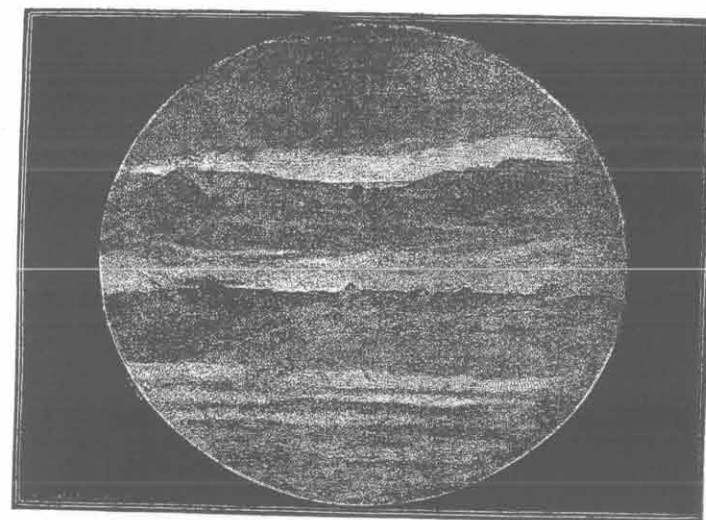


Fig. 70. Jupiter med Drabant over.

dens Overflade nogle graalige mere eller mindre mørke Striber, der løber parallelt med Jupiters Ækvator og er adskilte ved lysere Mellemrum. Deres Antal og Udstrækning er ikke altid det samme. To af dem ses dog næsten altid, de ligger paa hver sin Side af Jupiters Ækvator og meget nær ved denne. At disse Striber skulde tilhøre Jupiters Overflade, er næppe rimeligt, deres store Foranderlighed tyder paa, at de skyldes Forandringer og Bevægelse i Jupiters Atmosfære. Den midterste klare Stribe svarer rimeligvis til vort Vindstillebælte med stor Ophobning af Vanddampe, der kaster Lyset rigeligt tilbage; de mørke

Striber nord og syd for er derimod at sammenligne med vore Passatbælter, den større Skyfrihed bevirker, at det mørke Jupiterlegeme kommer til Syne. Hvad der ogsaa tyder paa Tilstedeværelsen af en Atmosfære, er den Omstændighed, at de lyse og mørke Partier viser sig med den største Kontrast midt paa Skiven, medens de taber sig i Skarphed ude ved Randene. De spektroskopiske Undersøgelser af Lyset tyder ligeledes paa en tæt Atmosfære.

Saturns Overflade viser et lignende Udseende som Jupiters med lyse og mørke parallelle Striber, hvis Forandrin-

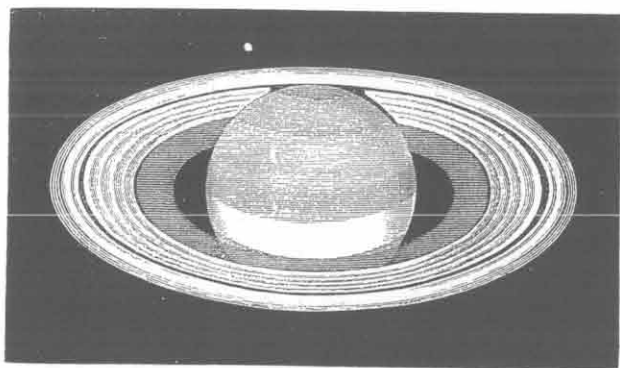


Fig. 71. Planeten Saturn.

ger tyder paa Revolutioner i Atmosfæren. Dennes Tilstedeværelse godtgøres ogsaa ved Spektroskopet. Ringen er som tidligere omtalt meget tynd; paa Figuren ses en mørk Stribe tydende paa, at den maaske ikke er helt sammenhængende, men bestaar af et System af to Ringe. Den falder sammen med Saturns Ækvatorplan og maa rotere med en Hastighed, der omtrent er den samme som for et Legeme paa Saturns Ækvator; var Farten nemlig mindre, vilde den falde ind paa Saturn, og var den væsentlig større, vilde den sprænges; muligen er den ogsaa sprængt, saa at den i Virkeligheden bestaar af en Samling kosmisk Støv, hvor hver Partikel bevæger sig temmelig frit i sin egen Bane omkring Saturn.

31. Fiksstjærnerne. Disse Spektra er ligesom Solens kontinuerle, afbrudte hist og her af mørke Fraunhoferske Linjer, hvilket viser, at Fiksstjærnerne er ligesom Solen lysende Kloder, der udsender alle mulige Slags Farvestraaler, omgivne af mere eller mindre tætte Atmosfærer, der tilbageholder visse Straaler alt efter den forskellige Sammensætning. Fiksstjærnernes Spektra kan henføres til tre Klasser eller Typer. 1. Types Spektra viser Brintlinjerne meget mørke og skarpe, medens der ellers i Spektret kun findes yderst fine eller slet ingen mørke Linjer. Disse Stjærner er altsaa omgivne af en tæt Atmosfære af de letteste Luftarter, navnlig Brint, medens Metaldampene ikke er tætte nok til at udøve stærk Lysindsugning; Temperaturen paa disse Sole maa derfor antages at være meget høj; de er i hvidglødende Tilstand, og det er ogsaa de særlig hvide Stjærner, der viser et saadant Spektrum. 2. Types Spektra viser, ligesom vor Sols Spektrum, en stor Mængde mørke Linjer. Disse Stjærner er altsaa omgivne af Atmosfærer med tætte Metaldampe, deres Temperatur er mindre høj, de er da ogsaa mere eller mindre gule. 3. Types Spektra viser ikke blot mørke Linjer, men hele mørke Bånd tydende paa kemiske Forbindelser. Temperaturen maa altsaa være forholdsvis lav, siden saadanne kan eksistere, de er kun rødglødende, og det er netop ogsaa de mere eller mindre røde Stjærner, der hører herhen. Endelig træffer man undertiden paa Spektre, der kun bestaar af lyse Linjer, og som hidrører fra ikke fortættede Luftarter; saadanne Spektra faas ikke fra de egentlige Fiksstjærner, men fra en Del af de saakaldte Taagepletter.

Taagepletterne er Objekter paa Himlen, der ikke viser sig som skarpe Punkter, men med et taaget Udseende. I Kikkerten viser de sig ofte at bestaa af tætte Samlinger af

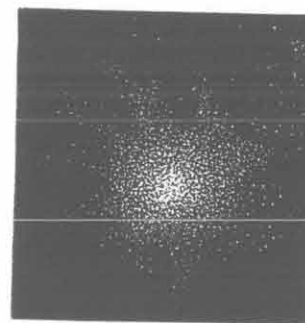


Fig. 72. En Stjernehop i Herkules.

Stjærner og kaldes da Stjernehoebe eller Stjernegrupper. I enkelte Tilfælde formaar imidlertid selv de stærkeste Kikkerter ikke at foretage en Opløsning, og Taagen kan da enten være en Stjernetaage, d. v. s. en Stjernehoebe, der er saa langt borte, at det er umuligt at skille de enkelte Medlemmer ad med vore Kikkerter, eller det kan være en virkelig Taage, d. v. s. en Stjerne bestaaende alene af glødende Luftarter. Er Lyset tilstrækkelig stærkt, kan Spektroskopet

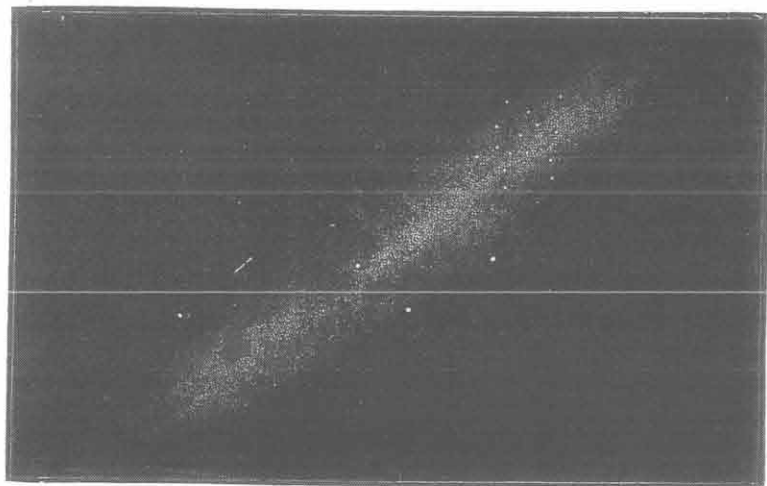


Fig. 73. Andromeda Taagen.

her afgøre Spørgsmaalet, idet man i Tilfælde af en Stjernehoebe faar det sædvanlige Fiksstjærnespektrum, derimod i Tilfælde af en virkelig Taage faar lyse Linjer.

Taagepletterne kan efter deres Udseende deles i de regelmæssige, der er runde eller aflange, elliptiske (Eks. Taagen i Andromeda), og de uregelmæssige, der er iturevne og adsplittede, ofte med mørke Huller og Strækninger af forskellig Lysstyrke (Eks. herpaa har vi i Taagen i Orion neden under Bæltet ved de tre smaa Stjærner, der danner Sværdet). —

En egen Slags af de regelmæssige Taager er de saakaldte Taagestjærner, d. v. s. Stjærner, der er omgivne af

en rund lysende Taage, og de planetariske Taager, der er runde eller lidt ovale, med Lyset jævnt fordelt over hele Skiven, saa at de faar Udseende af en Planet; de er virkelige Taager.

Enkelte Stjærner staar hinanden saa nær, at de i Kikkerten opløser sig i to Stjærner. Saadanne Stjærner kaldes



Fig. 74. Stjernetaage i Orion.

Dobbeltstjærner. De kan enten, som tidligere omtalt, være blot optiske Dobbeltstjærner, d. v. s. saadanne, som kun tilsyneladende hører sammen derved, at de staar næsten i samme Retning fra os, men forøvrigt saa langt fra hinanden, at de ikke har noget med hinanden at gøre (Eks. Vega), eller de kan være fysiske Dobbeltstjærner, d. v. s. saadanne, som staar hinanden saa nær, at de tiltrækker hinanden og bevæger sig om hinanden eller rettere om deres fælles Tyngdepunkt (Eks. γ i Jomfruen).

Endelig skal omtales de foranderlige Stjærner, d. v. s.

Stjærner, hvis Lys ikke er lige stærkt til alle Tider. De kan deles i de periodisk foranderlige, hvis Lys tiltager og aftager i regelmæssige Perioder, og de ikke periodiske, hvis Lys forandres uden kendelig Periode. Hvor der findes en strængt gennemført Periode, maa Forholdet rimeligvis

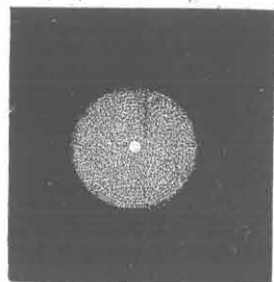


Fig. 75. Taagestjærnen i Karlsvognen.

hidrøre fra en Formørkelse fremkaldt ved en mørk Ledsager, der kredser omkring Stjærnen (Ekspl. Algol i Perseus); i andre Tilfælde, hvor Perioden er mindre stræng, hvor der er Periode i Perioderne, skyldes Fænomenet rimeligvis indre Forandringer paa selve Stjærnen, maaske en Pletdannelse, som vi kender den fra vor egen Sol, blot endnu mere fremskreden (Ekspl. Mira i Hvalfisken).

Til de foranderlige Stjærner kan ogsaa henregnes de pludselig fremtraadte, kortvarige Stjærner, der kaldes nye Stjærner, af hvilke den mærkeligste var den, der iagttoges af Tycho Brahe 1572 i Kassiopeia. Den straalende i Begyndelsen med en Glans som Venus's, men aftog lidt efter lidt, og efter 17 Maaneders Forløb var den forsvunden igen. Senere pludselig fremtraadte Stjærner har man undersøgt ved Spektroskopet, de viste et af mørke Striber gennemfuret Spektrum, tydende paa stærk Afkøling, med nogle meget lyst skinnende Linjer tydende paa brændende Brint. De nye Stjærner kan herefter antages at være stærkt afkølede, maaske allerede med Skorpe bedækkede Kloder, paa hvilke et pludseligt Udbrud af Brint har foraarsaget en kortvarig Brand, en Slags Reaktion mod Skorpedannelsen. Branden kunde muligen ogsaa tænkes foranlediget ved Sammenstød mellem to Kloder.

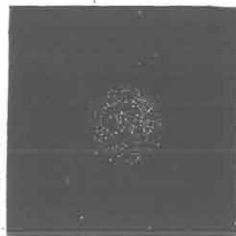


Fig. 76. Planetarisk Taage.

ANDEN DEL

32. Sfæriske Formler.

En sfærisk Trekant er en Trekant begrænset af Storcirkelbuer. En saadan er bestemt ved 3 af sine Stykker, derfor eksisterer der Relationer mellem hvilke som helst 4 Stykker, hvorved det ene kan findes af de 3 andre. Idet Vinklerne betegnes A, B og C , og de overfor liggende Sider a, b og c er Relationerne følgende.

I. De sfæriske Grundformler.

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \quad (1)$$

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c} \quad (2)$$

$$\text{og} \quad \left. \begin{aligned} \cot B &= \frac{\cos b \sin c \div \sin b \cos c \cos A}{\sin b \sin A} \\ \cot B &= \frac{\cos b \sin a \div \sin b \cos a \cos C}{\sin b \sin C} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\cos C = \div \cos A \cos B + \sin A \sin B \cos c \quad (4)$$

Disse er imidlertid med Undtagelse af (2) ubekvemme at regne med, hvorfor man af dem udleder de følgende logaritmiske Formler.

II. Logaritmiske Formler.

$$\operatorname{tg}^{1/2} C = \sqrt{\frac{\sin(s \div a) \sin(s \div b)}{\sin s \sin(s \div c)}}, \quad (1)$$

lodret Vinduespost eller Murkant i det Øjeblik, Solen kulminerede, eller endelig ved Hjælp af Universalapparatet (Fig. 5) ved at indstille paa Solen i Kulminationsøjeblikket. — Skal Bestemmelsen ske paa en anden Tid af Dagen, kan det gøres ved Hjælp af Universalapparatet, idet man indstiller paa Solen og beregner Azimuth. Dette sker bedst ved at bestemme $\angle t$ (Fig. 77) af Klokkeslettet, i Trekanten kendes da 1 Vinkel og 2 hosliggende Sider, nemlig Komplementet til Bredden og Komplementet til Deklinationen, hvorved $\angle Z$ kan findes.

Øvelse. Opgave. Bestem Meridianen ved Hjælp af Universalapparatet og Uret; find derefter den magnetiske Meridian og udled Misvisningen.

$\angle t$ findes af Urtiden, idet man af Kalenderen og Længdeforskellen først finder Klokkeslettet for Kulminationen; Forskellen mellem dette og Urtiden er $\angle t$, der derefter sættes om fra Tidsmaal til Buemaal. $\angle Z$ findes da ved Hjælp af Formlerne II (4).

Den magnetiske Meridian findes ved Hjælp af den til Apparatet hørende Kompasnaal.)

35. Beregning af Klokkeslettet for en Stjærnes eller Solens Op- eller Nedgang.

Som tidligere (6) omtalt kan dette findes af Kulminationsklokkeslettet og Længden af den halve Dagbue. Beregningen af denne sidste sker ved at finde $\angle t$ (Fig. 8) af $\triangle ZPS$. ZS er 90° , ZP er $90^\circ \div \varphi$, og PS er $90^\circ \div \delta$, naar δ er Deklinationen.

Ved Hjælp af den sfæriske Grundformel I (1), faas

$$\begin{aligned} \cos 90 &= \cos (90 \div \varphi) \cos (90 \div \delta) \\ &\quad + \sin (90 \div \varphi) \sin (90 \div \delta) \cos t \\ 0 &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t, \end{aligned} \quad (1)$$

hvoraf $\cos t = \div \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$.

Opgave. Beregn den halve Dagbue for nogle af de Stjærner, hvis Deklinationer staar opførte i Kalenderen.

Ved ovenstaaende Beregning er dog ikke taget Hensyn til Refraktion, som Følge af hvilken Stjærnen ses i Horizonten, naar den i Virkeligheden staar $35'$ under denne. For at finde Klokkeslettet for den iagttagne Opgang, maa vi altsaa regne Zenithdistancen til $90^\circ 35'$; man kan da bruge den logaritmiske Formel II (1), eller vi kan bruge den samme Formel som ovenfor, der giver

$$\div \sin 35' = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t, \quad (2)$$

og sammenholde denne med (1). Vi faar

$$\div \sin 35' = \cos \varphi \cos \delta (\cos t \div \cos t)$$

$$\sin 35' = 2 \cos \varphi \cos \delta \sin \frac{1}{2} (t_1 + t) \sin \frac{1}{2} (t_1 - t)$$

eller, da t_1 kun er lidt forskellig fra t ,

$$\sin 35' = 2 \cos \varphi \cos \delta \sin t \sin \frac{1}{2} (t_1 - t).$$

Heraf findes $t_1 - t$ eller det, der maa lægges til t , den uden Refraktion beregnede halve Dagbue, for at give den rigtige.

36. Tusmørkets Varighed.

Naar Solen gaar ned under Horizonten, bliver det som bekendt ikke mørkt lige i samme Øjeblik, men Lyset aftager gradvis lidt efter lidt; denne Tilstand benævnes Tusmørke. Den har sin Grund i, at Solen kaster Straalerne

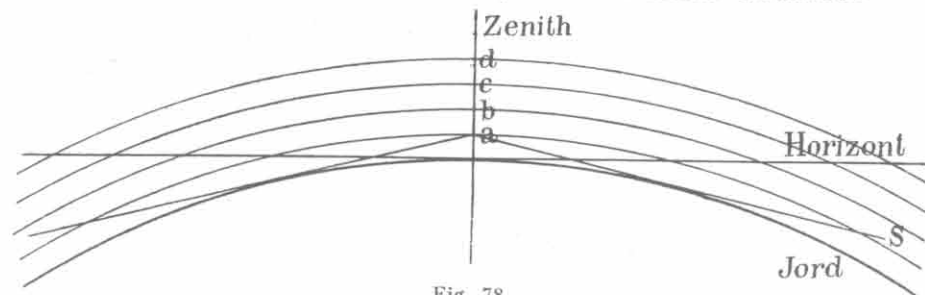


Fig. 78.

op i Atmosfæren, og denne kaster en Del af dem tilbage til Jorden, men jo længere Solen er under Horizonten, fra desto højere og derfor tyndere Luft sker Tilbagekastningen, og desto mindre kastes der derfor tilbage. Fig. 78 viser Tilbagekastningen i Zenith. Naar Solen staar i Retningen S, sker Tilbagekastningen i a, men kommer Solen længere under Horizonten, sker Tilbagekastningen ved b, c o. s. v. Naar Solen er kommet 6° under Horizonten, er Mørket saa vidt fremskredet, at Stjærner af 1ste Størrelse bliver synlige, det »borgerlige« Tusmørke siges da at være forbi; men endnu i lang Tid tiltager Mørket, og først naar Solen er kommet 18° under Horizonten, bliver Stjærnerne af 6te Størrelse synlige, det »astronomiske« Tusmørke er da til Ende. Af de samme Grunde begynder det at lysne, længe før Solen staar op.

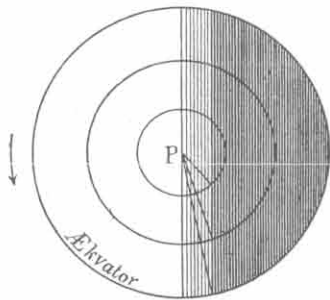


Fig. 79.

Tusmørkets Varighed er forskellig til forskellige Tider og paa forskellige Steder af Jorden. Fig. 79 forestiller Jorden med paategnet Dag- og Natside, idet Solen tænkes at staa i Ækvator

(Jævn døgn). Det fremgaar af Figuren, at jo nærmere et Sted ligger ved Polen, i desto længere Tid er det inde i Tusmørket, ved Ækvator varer dette kun ganske kort.

Kaldes Solens halve Dagbue fra Kulmination til Nedgang t , da har vi som ovenfor (Fig. 8)

$$0 = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t. \quad (1)$$

Kaldes Tiden fra Kulminationen, til Solen er 6° under Horizonten, altsaa til Zenithdistancen er 96° , t_1 , da faas

$$\div \sin 6^\circ = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t_1. \quad (2)$$

Af (1) og (2) faas ligesom i foregaaende Paragraf

$$\sin^{1/2} (t_1 \div t) = \frac{\sin 6^\circ}{2 \cos \varphi \cos \delta \sin t} \quad (3)$$

idet t beregnes af (1): Heraf faas Tusmørkets Varighed $t_1 \div t$. Resultatet, der faas i Grader, gøres naturligvis om til Tidsmaal.

Ved Jævn døgn er $t = 90^\circ = 6^h$ og $\delta = 0$, altsaa faas

$$\sin^{1/2} (t_1 \div t) = \frac{\sin 6^\circ}{2 \cos \varphi}.$$

For $\varphi = 0$, faas $t_1 \div t = 24^m$; hos os derimod faas $t_1 \div t = 42^m$. For større Breddegrader maa t og t_1 regnes ud hver for sig.

Opgave. Beregn Tusmørkets Varighed for en eller anden Dag og sammenlign Resultatet med Kalenderen. Varigheden staar i denne opført for hver 7. Dag.

Ekliptika.

37. Bestemmelse af Vædderens Nulpunkt.

To Stjærners Rektascensionsforskkel er jo lig deres Forskel i Timevinkel og kan altsaa findes, naar man paa et Stjærnetidsur (se S. 30) aflæser Klokkeslettet for den enes og den andens Kulmination. Herved bliver vi som tidligere (S. 20) omtalt, i Stand til at afsætte Stjærnerne Deklinationscirkler paa Globen eller Kortet i deres rigtige indbyrdes Afstande. Til Bestemmelse af selve Rektascensionerne hører imidlertid, at man ved Besked med den nøjagtige Beliggenhed af Vædderpunktet. Dette maa ske ved at bestemme Rektascensionsforskellen mellem en eller anden Stjerne og Solen i det Øjeblik, denne netop passerer Ækvator, altsaa i det Øjeblik dens Deklination er Nul. Solens Deklination kan findes ved Meridianinstrumentet (se S. 20), altsaa i Kulminationsojeblikket, men da Solen næppe passerer Ækvator lige i det Øjeblik, den passerer den Meridian, vi tilfældigvis

bor paa, maa vi bære os ad paa den Maade, at vi bestemmer Rektascensionsforskellen mellem Stjærnen og Solen den sidste Middag, da Deklinationen er neg., og ligeledes den følgende Middag, da den er blevet pos. Vi kan da interpolere os til den Værdi af Rektascensionsforskellen, der svarer til Deklinationen Nul, med andre Ord til vedkommende Stjærnes Rektascencion. Hører altsaa Værdierne sammen som i efterstaaende Tabel

δ	r
$\div d_1$	r_1
0	x
$+ d_2$	r_2

da faar vi

$$\frac{\div d_1 \div 0}{\div d_1 \div d_2} = \frac{r_1 \div x}{r_1 \div r_2},$$

hvoraf x, den søgte Rektascension.

At denne Regnemaade er rigtig, ligger i, at vi paa saa

kort en Strækning kan betragte Ækvator og Ekliptika som rette Linjer. Af de ligedannede Trekanter (Fig. 80) faas nemlig umiddelbart

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{x \div r_1}{r_2 \div x},$$

der stemmer med den ovenstaaende Proportion.

Foretages en Rektascensionsbestemmelse fra Tid til anden, viser der sig den Mærkværdighed, at Værdien forandrer sig noget, og det samme er Tilfældet med Deklinationen. Saaledes var f. Eks. for

$$\text{Capella 1850: } \delta = + 45^{\circ}50'20,5''$$

$$r = 5^{\text{h}}5^{\text{m}}36,92^{\text{s}}$$

$$\text{men 1900: } \delta = + 45^{\circ}53'46,7''$$

$$r = 5^{\text{h}}9^{\text{m}}17,98^{\text{s}},$$

en Omstændighed vi skal komme tilbage til nedenfor.

38. Koordinater med Hensyn til Ekliptika.

Vi har tidligere omtalt, hvorledes en Stjærnes Plads bestemmes m. H. t. Horizonten og m. H. t. Ækvator; man har ofte Brug for endnu et Koordinatsystem, nemlig m. H. t. Ekliptika. Man lægger i saa Fald gennem Stjærnen en Storcirkel vinkelret paa Ekliptika, altsaa gennem Ekliptikas Poler (ES Fig. 81); denne Cirkel kaldes Stjærnens Breddecirkel. Man skal da angive: dels Stjærnens Plads paa denne, dels dennes Stilling over for Ekliptika. De to Koordinater hedder **Længde** og **Bredde**. Ved Længden forstaas:

den Bue paa Ekliptika, der ligger mellem Vædderens Nulpunkt og Breddecirkelns Skæring med Ekliptika, regnet fra Vædderen mod Øst — altsaa mod den daglige Bevægelse — fra 0° til 360° . Ved Bredden forstaas: den Bue paa Breddecirklen, der ligger mellem Stjærnen og Breddecirkelns Skæring med

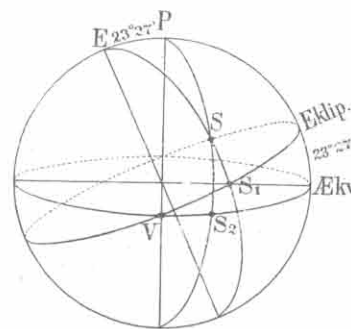


Fig. 81.

Ekliptika. Den regnes fra 0° til 90° , nordlig eller sydlig. Paa Fig. 81 er VS_1 Længden og SS_1 Bredden.

Disse Koordinater findes, naar man kender Stjærnens Koordinater m. H. t. Ækvator. Lægges nemlig Deklinationscirklen PS , faas den sfæriske Trekant EPS mellem Stjærnen, Ækvators og Ekliptikas Poler. Her er PS Komplement til Deklinationen, altsaa lig $90 \div \delta$, EP er Skraaheden $23^{\circ}27'$, og $\angle P$ er $90 + r$ (r = Rektascensionen VS_2). Vi kan følgelig finde ES , der er lig $90 \div \beta$, naar β er Bredden, og $\angle E$, der er lig $90 \div \lambda$, naar λ er Længden. Form-
lerne, der benyttes, er II (4) og (5).

Ekspl. Capella havde 1900 Koordinaterne

$$\delta = 45^{\circ}54' \text{ og } r = 5^{\text{h}}9^{\text{m}}18^{\text{s}} = 77^{\circ}19,5'$$

Find Længde og Bredde.

For Nemheds Skyld benævner vi Trekanten ABC , saaledes at A ligger i Ekliptikas Pol E , B i Stjærnen og C i Verdenspolen P . Vi har altsaa

$a = 90 \div \delta = 44^{\circ} 6'$ $b = 23^{\circ}27'$ $a \div b = 20^{\circ}39'$ $a + b = 67^{\circ}33'$ $\log \cos \frac{1}{2}(a \div b) = 9,9920$ $\log \cos \frac{1}{2}(a + b) = 9,9197$ $0,0732$ $\log \cot \frac{1}{2}C = 9,0455$ $\log \tg \frac{1}{2}(A + B) = 9,1187$ $\frac{1}{2}(A + B) = 7^{\circ}29,2'$ $A = 9^{\circ}32,3'$ $\lambda = 90 \div A = 80^{\circ}27,7'$ $\log \cos \frac{1}{2}(A \div B) = 9,9997$ $\log \cos \frac{1}{2}(A + B) = 9,9908$ $0,0084$ $\beta = 90 \div c = 22^{\circ}52'$	$C = 90^{\circ} + 77^{\circ}19,5' = 167^{\circ}19,5'$ $\frac{1}{2}C = 83^{\circ}39,8'$ $\frac{1}{2}(a \div b) = 10^{\circ}19,5'$ $\frac{1}{2}(a + b) = 33^{\circ}46,5'$ $\log \sin \frac{1}{2}(a \div b) = 9,2585$ $\log \sin \frac{1}{2}(a + b) = 9,7450$ $9,5085$ $\log \cot \frac{1}{2}C = 9,0455$ $\log \tg \frac{1}{2}(A \div B) = 8,5540$ $\frac{1}{2}(A \div B) = 2^{\circ}3,1'$ $\log \tg \frac{1}{2}(a + b) = 9,8253$ $0,0034$ $\log \tg \frac{1}{2}c = 9,8219$ $\frac{1}{2}c = 33^{\circ}34'$ $c = 67^{\circ} 8'$
--	---

39. Præcessionen.

Som før nævnt forandrer Stjærnerne Deklinationer og Rektascensioner sig i Tidernes Løb. For at se, hvilken Forandring dette har til Følge med Koordinaterne m. H. t. Ekliptika, regner vi paa samme Maade som ovenfor Længde og

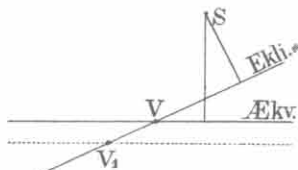


Fig. 82.

Bredde ud for Capella for 1850. Regningen giver da, idet den Gang var

$$\delta = 45^{\circ}50' \text{ og } r = 5^{\text{h}}5^{\text{m}}37^{\text{s}} = 76^{\circ}24,3',$$

$$\lambda = 79^{\circ}45,6' \text{ og } \beta = 22^{\circ}52'.$$

Bredden har altsaa holdt sig aldeles uforandret, medens Længden er tiltaget i de 50 Aar med $42,1'$ eller med meget nær $50''$ aarlig.

Af disse Kendsgjerninger kan vi slutte, at Vædderpunktet i Aarenes Løb forandrer sin Plads imellem Fiksstjærnerne, og da Bredden holder sig uforandret, maa Forskydningen finde Sted langs Ekliptika. Da endvidere Længden tiltager, maa det være mod Vest, at Vædderpunktet flytter sig, saaledes som det fremgaar af Fig. 82, hvor V er Vædderen, og V_1 en følgende Stilling af denne. Det er denne Omstændighed, der er Skyld i, at Himmeltegnene ikke gaar gennem de Stjærnebilleder, der har samme Navn, men at f. Eks. Vædderen strækker sig gennem Stjærnebilledet Fiskene.

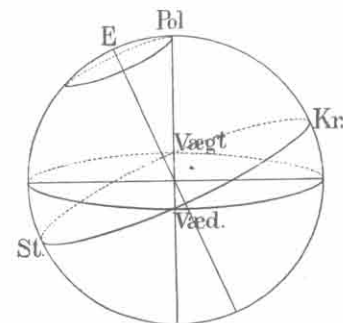


Fig. 83.

Efter saaledes at have konstateret Kendsgjerningen, maa vi se at finde Grunden til den. — Naar Vædderen flytter sig, maa de andre Punkter paa Ekliptika følge efter, saaledes f. Eks. Solhvervspunkterne, der ligger 90° fra Jævndøgnspunkterne (se Fig. 83); men med disse følger hele den Cirkel, der gaar gennem disse Punkter og Ekliptikas Poler (E), den saakaldte Solhvervscirkel (Solstitialkoluren), med alt hvad der ligger i den. Deraf følger igen, at Verdenspolen i Aarenes Løb beskriver en Lillecirkel om Ekliptikas Pol med en sfærisk Radius paa $23^{\circ}27'$, saaledes at efter Tur de forskellige Stjærner, der ligger i denne Lillecirkel, vil blive Polarstjærner. Endvidere ser vi, at Verdensaksen beskriver en Kegleflade om Ekliptikas Akse. Det er denne Bevægelse, der foregaar en Gang rundt i vestlig Retning i Løbet af

25000 Aar, der kaldes **Præcessionen**. — For nu nærmere at udforske Grunden til denne maa vi erindre, at Verdensaksen er den samme som Jordaksen, og at det altsaa er denne, der foretager den omtalte roterende Bevægelse. Grunden til denne ligger da atter i, at Jorden ikke er ganske kugleformig, men noget fladtrykt, saa at den tungeste Vægt ligger omkring Ækvator, og i at Ækvators Plan ikke falder sammen med Ekliptika, det Plan hvori Solens Tiltrækning virker. Vi kan nemlig tænke os Jorden som bestaaende af en Kugle og derudenom en Skal tangerende denne i Polerne (Fig. 84). Solens Tiltrækning K paa Kuglen virker i dennes Centrum og gaar i Retning af Ekliptika; paa Massedelene i den Solen nærmeste Halvdel af Skallen virker Kræfter som f. Eks. k_1 , og paa de fjærneste Massedele Kræfter som f. Eks.

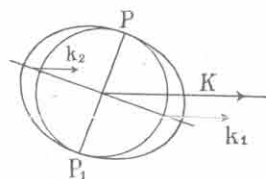


Fig. 84.

k_2 ; da nu Kræfterne k_1 er større end Kræfterne k_2 , ses det af Figuren, at Følgen af Aksens Hældning mod Ekliptika bliver, at Solen søger at dreje den vinkelret paa dette Plan. Nu vides det imidlertid, at de roterende Legemer paa Grund af Inertien udviser en særlig stor Stabilitet (Eks. Snurren, se den mek. Fysik), og i Stedet for at følge den her nævnte Paa-virkning vil Jordaksen stadig bevæge sig vinkelret paa Trækket og derfor komme til at beskrive den omtalte Kegleflade.

Endnu et Himmellege er medvirkende til at flytte Jordaksen, nemlig Maanen; dens Virkning er dog ikke saa uforanderlig som Solens, idet den selv paavirkes af denne, saaledes at dens Baneplans Beliggenhed i Forhold til Ækvator og Ekliptika forandres periodisk med en Periode paa 18,6 Aar. Denne Omstændighed bevirker, at den ovennævnte Lillecirkel, som Verdenspolen beskriver om Ekliptikas Pol, ikke nøjagtig er en Cirkel, men en Bølgelinje, hvor Tidsafstanden fra Top til Top er 18,6 Aar. Dette Fænomen er kendt under Navn af **Nutationen**.

Paa Grund af Vædderpunktets Flytning bliver der Tale

om to Slags Aar, nemlig det **tropiske** og det **sideriske**. Ved det **tropiske** Aar forstaas: den Tid, i hvilken Solens Længde vokser fra 0° til 360° . Det er det Aar, vi tidligere har fundet at være 365,2422 Dage. Da denne Længdeforandring imidlertid er fremkommet ikke blot ved Solens Bevægelse, men ogsaa ved, at Vædderpunktet er rykket Solen i Møde, svarer det tropiske Aar ikke til et fuldt Omløb af Solen mellem Stjærnerne; ved det **sideriske** Aar forstaas derfor: den Tid, Solen bruger om et fuldt Omløb i Ekliptika. Det er saa meget længere end det tropiske, som Solen bruger om at gennemløbe de $50''$, som Vædderpunktet har flyttet sig; dette er 0,01416 Dag. Det sideriske Aar kan derfor afrundet sættes til 365,26 Dage.

40. Aberrationen.

Fiksstjærnernes Koordinater undergaar altsaa i Tidernes Løb Forandringer paa Grund af Præcessionen og Nutationen; desforuden undergaar de imidlertid tillige svingende Forandringer i Løbet af et

Aar. Beregnes Forandringerne i Længde og Bredde, og trækkes Præcessionen og Nutationen fra disse, viser det sig, at der bliver en periodisk Forandring tilbage, der godtgør, at Stjærnen i Løbet af et Aar beskriver en lille Ellipse paa Himlen, hvis Stor-

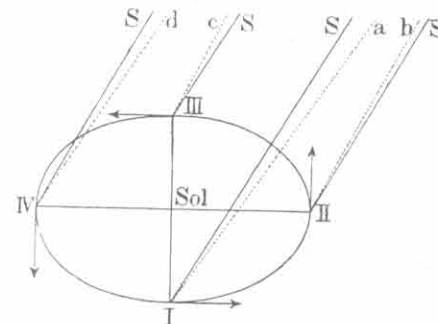


Fig. 85.

akse er ens for alle Fiksstjærner, nemlig $40,8''$, men hvis Lilleakse er lig Storaksen multipliceret med sinus til Stjærnens Bredde. Staar Stjærnen altsaa i Ekliptikas Pol, gaar

Ellipsen over til en Cirkel med Radius $20,45''$, og staar den i Ekliptikas Plan, bliver Ellipsen til en ret Linje. Den Retning, i hvilken Forskydningen foregaar, er til enhver Tid Jordens øjeblikkelige Bevægelsesretning. I Fig. 85 er Ellipsen Jordbanen set i Perspektiv. I de fire forskellige Stillinger I, II, III og IV af Jorden i dens Bane skulde en og samme Stjerne vise sig paa samme Sted af Himlen, saafremt der ingen Forskydning var, alle fire Sigtelinjer skulde altsaa være parallelle. I Stedet for ses imidlertid Sigtelinjen i I forskudt i Retning mod a , den samme, hvori Jorden bevæger sig (Pileretningen); i II mod b (bag Papirets Plan), i III mod c og i IV mod d (foran Papirets Plan). S angiver altsaa Retningen af Middelsigtelinjen.

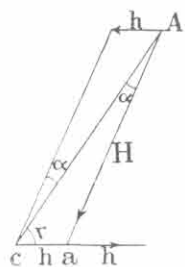


Fig. 86.

Fænomenet kaldes Aberrationen og er opdaget 1725 af Bradley, der tillige angav dets Aarsag. Denne er at søge i Lysets og Jordens samtidige Bevægelser, idet Jordens Hastighed ikke er forsvindende i Sammenligning med Lysets. I Fig. 86 er a Jorden, h dens Hastighed, og H Hastigheden for et Legeme A , der bevæger sig henimod Jorden med Lysets Fart. For at finde Lysets og Jordens relative Bevægelse, tildeles baade Jorden og A en Hastighed lig og modsat h ; de to Legemers indbyrdes Bevægelse er da uforandret, men man har kun at tage Hensyn til A , da Jorden er bragt til at staa stille. A 's Hastighed bliver da Ac , og den Stjerne, fra hvilken Lyset udgaar, vil ses i denne Retning i Stedet for i Retningen H , og altsaa synes forskubbet Vinklen α i Retning af Jordens Bevægelse. Af Trekanten faas

$$\frac{\sin \alpha}{\sin v} = \frac{h}{H}.$$

α er størst, naar $v = 90^\circ$, idet i saa Fald $\sin \alpha = \frac{h}{H}$.

Dette sidste indtræffer to Gange i Aarets Løb, nemlig i de to Stillinger 1 og 2 (Fig. 87), da Jorden passerer den Linje

ab , hvori Retningen fra Solen til Stjærnen er projiceret paa Ekliptika.

Disse to Stillinger giver de to Endepunkter af Storaksen i Aberrationsellipsen, og den største Værdi af α bliver derfor $20,45''$.

Heraf kan vi finde Lysets Hastighed; vi har nemlig

$$h = \frac{2\pi \times 20 \times 10^6}{365 \times 24 \times 60 \times 60} \text{ Mil i Sek.},$$

idet Jordbaneradien er 20×10^6 Mil; endvidere er

$$\sin 20,45'' = \frac{20,45''}{60^2 \times 57}.$$

Vi faar da

$$H = 40,000 \text{ Mil i Sek.},$$

altsaa den samme Værdi, som man ad anden Vej kan udlede for Lysets Hastighed.

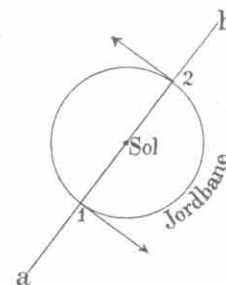


Fig. 87.

41. En Planets synodiske og sideriske Omløbstid.

Om Definitionen af den sideriske og synodiske Omløbstid se S. 66. Den synodiske Omløbstid kan findes ved Observation. Oppositionstiderne staar opførte i vor Kalender, og hvis vi til Raadighed har Kalendere for forskellige paa hinanden følgende Aargange, kan vi altsaa ved Subtraktion udlede de synodiske Omløbstider. Konjunktionstiderne, som jo skal benyttes ved de indre Planeter, staar ikke opførte, men vi kan selv bestemme dem af Kulminationstiderne, idet Planeten paa en saadan Dag kulminerer samtidig med Solen. Middelværdierne af en lang Række Bestemmelser har vist sig at være

Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
116	584	780	399	376 Dage.

Af disse kan vi da ved Beregning finde de sideriske Omløbstider. I Fig. 88 er S Solen, J Jorden og P en indre Planet. Tænker vi os staaende paa Solen, vil Sigtelinjerne paa samme Tid beskrive Vinkler, der er ulige store, efterdi Jorden og Planeten bevæger sig med ulige Hastigheder.

I Stillingerne P_1 og J_1 finder nedre Konjunktion Sted; efter nogen Tids Forløb er Planeten løbet forbi Jorden (Stillingerne P_2 og J_2), og naar der atter finder nedre Konjunktion Sted (Stillingerne P_3 og J_3), maa Planeten derfor have gaaet 1 Omgang mere end Jorden. For at udtrykke dette i Ligning, skal vi altsaa skrive en Værdi op for den

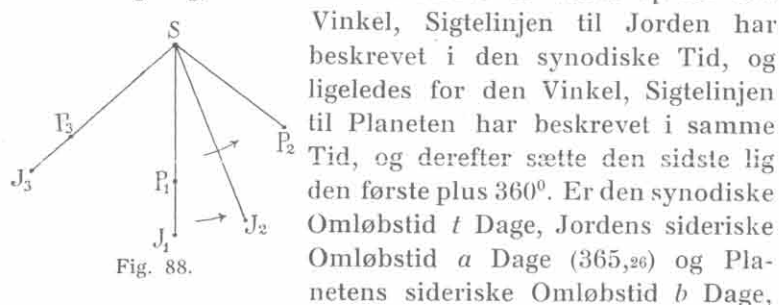


Fig. 88.

Vinkel, Sigtelinjen til Jorden har beskrevet i den synodiske Tid, og ligeledes for den Vinkel, Sigtelinjen til Planeten har beskrevet i samme Tid, og derefter sætte den sidste lig den første plus 360° . Er den synodiske Omløbstid t Dage, Jordens sideriske Omløbstid a Dage ($365,26$) og Planetens sideriske Omløbstid b Dage, da faar vi — idet Bevægelserne er jævne, naar vi regner med de ovennævnte Middelværdier — at Jorden i 1 Dag beskriver Vinklen $\frac{1}{a} \times 360^\circ$ og i t Dage

$$\frac{t}{a} \times 360^\circ.$$

Paa samme Maade faas, at Planeten i t Dage beskriver Vinklen

$$\frac{t}{b} \times 360^\circ.$$

og altsaa skal

$$\frac{t}{b} \times 360 = \frac{t}{a} \times 360 + 360,$$

hvoraf vi kan finde b .

For en ydre Planet faar vi paa tilsvarende Maade

$$\frac{t}{b} \times 360 + 360 = \frac{t}{a} \times 360.$$

Opgave. 1. Benyt de ovenfor nævnte Værdier for de Øvelse. synodiske Omløbstider til at finde de tilhørende sideriske. Sammenlign Resultaterne med de i Kalenderen opskrevne.

2. Find Maanens sideriske Omløbstid af den synodiske $29,53$ Døgn. I Fig. 89 forestiller J Jorden, M_1 Maanen og JS_1 Retningen til den samtidige Stilling af Solen. Maanen er altsaa i Konjunktion (Nymaane). Baade Sol og Maane bevæger sig mod Øst, men Maanen løber hurtigere end Solen, og næste Nymaanestilling M_2 finder derfor først Sted, efter at Maanen har bevæget sig en hel Omgang foruden Vinklen M_1JM_2 .

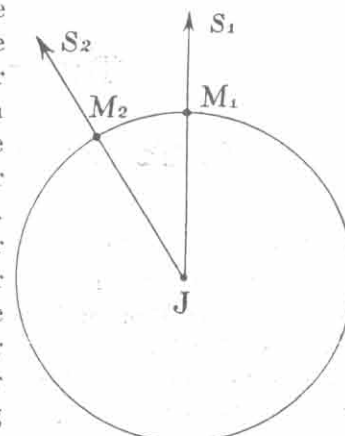


Fig. 89.

Skriv derfor Udtrykket op for den Vinkel, Solen har beskrevet i $29,53$ Døgn, og for den Vinkel, Maanen har beskrevet i samme Tid, idet vi kalder dens sideriske Omløbstid x , og sæt dernæst den sidste Vinkel lig den første plus 360° .

Tegneøvelser.

42. Tegning af Stjærnekortet.

Eleven over sig paa selv at tegne et Stjærnekort i stereografisk Projektion (se S. 12). For at faa den rigtige Maalestok for Deklinationerne slaas paa et Stykke Tegnepapir en Cirkel med 5 cm Radius (Grundcirklen)¹. I denne trækkes to paa hinanden vinkelrette Diametre forestillende Akse og Ækvator (sml. Fig. 3). Til Nordpolen lægges en Tangent, og ved fra Sydpolen at trække en Linje gennem Ækvatorpunktet til Skæring med Tangenten (Punktet α Fig. 3) findes Radius i Kortets Ækvator. Den bliver 10 cm. En Cirkel med denne Radius tegnes paa et andet Stykke Papir og deles derefter i 24 lige store Dele, hvoraf hver igen deles i 6 lige store Dele. Vi kan da tegne Deklinationscirklen for enhver Stjerne, hvis Rektascension vi kender. Deklinationernes Maalestok faar vi ved at dele Grundcirklens ene Halvdel i Femgrader fra Ækvator til begge Sider (vi maa da skønne os til de enkelte Grader). Vil vi nu paa Kortet afsætte en Stjerne, hvis Deklination er f. Eks. $+20^\circ$, da trækker vi paa Grundcirklen fra Sydpolen en Linje gennem 20 til Skæring med Tangenten; paa denne sidste kan Størrelsen af Poldistancen da direkte afmaales

¹) Til de forskellige Tegneøvelser vil Papirer af Størrelse 35 cm \times 40 cm være passende.

og tages i Passeren. Grundcirklen, Tangenten og Ækvator samt Inddelinger paa disse trækkes op med Blæk eller Tusch, de projicerende Linjer, der giver Poldistancerne, trækkes i hvert foreliggende Tilfælde op med en fin Blyant. Bekvemst er det een Gang for alle at føre Femgraderne ud paa Tangenten, man har da Maalestokken færdig til fremtidig Brug.

Som Øvelse afsættes paa det selvtegnede Kort de Fiksstjærner, hvis Positioner staar opførte i Kalenderen. (Tabel B. i Kalenderen S. 51).

Det indses, at vi omvendt ved at tegne den til Kalenderkortet hørende Grundcirkel er i Stand til at finde de paa dette Kort afsatte Stjærners Deklination. (Grundcirklens Radius ses af Fig. 3 at være det halve af Radius i Kortets Ækvatorialcirkel).

43. Indtegning af Ekliptika paa Kortet.

Solens Rektascensioner findes af Kalenderens Tabel I over Midnatspunkterne; disse — eller de deraf fundne Middagspunkter — holdes nemlig sammen med Tiderne for Solens Kulmination, idet man dog fra disse subtraherer 10^m for at sætte den mellemeuropæiske Tid om til Københavns Tid. Deklinationerne tages umiddelbart ud af Kalenderen. En Tabel som efterstaaende, der indsættes i et Hjørne af Tegnepapiret, bliver altsaa at udfylde:

Dato	Midnatspunkt	Middagspunkt	Kulm.	Rektas.	Deklin.
$\frac{21}{9}$	0	12			
$\frac{9}{10}$	1	13			
$\frac{21}{10}$	2	14			

Af Tabellens 24 Midnatspunkter faar vi 24 Solrektascensioner, som vi indfører paa vort eget selvtegnede Kort (se foregaaende Øvelse). Gennem disse 24 Punkter trækker vi rette Linier fra Centrum, Deklinationscirklerne, og paa disse afsætter vi ved Hjælp af den Maalestok, vi lavede i den foregaaende Øvelse, og med saa stor Nøjagtighed, som denne tillader, de respektive Solstillinger, og gennem de saaledes fundne 24 Punkter trækkes saa jævnt som muligt en Kurve, der saaledes giver os Ekliptika.

Inddeling af Ekliptika i Grader. Punkterne 30, 60, 90, 120 o. s. v. bestemmes direkte paa den Maade, at vi finder de tilsvarende Rektascensioner. Opgaven er altsaa: af en

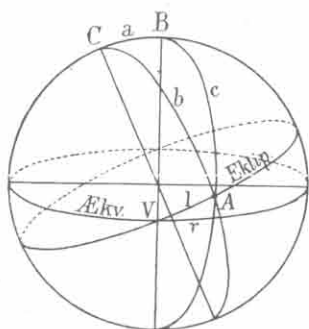


Fig. 90.

given Længde at finde Rektascensionen. I hosstaaende Fig. 90 er A en Stilling af Solen, B Polen og C Ekliptikas Pol. I den sfæriske Trekant ABC kender vi da $\angle C$ og Siderne a og b , idet C er bestemt ved Længden, a er lig $23^{\circ}27'$ og $b = 90^{\circ}$, $\angle B$, der bestemmer os Rektascensionen, kan vi faa af den sfæriske Grundformel I (3), der giver

$$\cot B = \div a \cot C.$$

Kaldes Længden l og Rektascensionen r , har vi

- i 1. Kvadrant $B = 90 + r, \quad C = 90 \div l$
- i 2. Kvadrant $B = 270 \div r, \quad C = l \div 90$
- i 3. Kvadrant $B = 270 \div r, \quad C = l \div 90$
- i 4. Kvadrant $B = r \div 270, \quad C = 360 \div l + 90.$

En Tabel som efterstaaende bliver altsaa at udfylde:

l	r	l	r	l	r	l	r
0°	0°	120°		210°		300°	
30°		150°		240°		330°	
60°		180°	12°	270°	18°	360°	24°
90°	6°						

De beregnede Rektascensioner (omsatte til Timer) afsættes paa Ækvator, hvorefter de tilhørende Punkter paa Ekliptika findes ved at trække Deklinationscirklerne. Stykkerne paa 30° deles dernæst hver i 3 lige store Dele, og disse atter i 10, hvorved Inddelingen i Grader er foretaget med en til vort Brug tilstrækkelig Nøjagtighed.

44. Indtegning af en Planetbane paa Kortet.

Rektascensionerne findes som sædvanlig (se S. 59) af Kulminationstiderne og Midnats- eller Middagspunkterne. Deklinationerne kan vi finde af Dagbuernes Længde, idet vi har (se S. 112)

$$\cos t = \div \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta.$$

Værdierne behøver vi kun at finde med en Nøjagtighed af 1 Decimal i Graderne. Følgende Tabel bliver at udfylde:

Dato	Midnatspunkt	Middagspunkt	Kulm.	Rektas.	Halve Dagbue	Deklin.

Naar Rektascensionen er fundet, afsættes den paa Ækvator, og Deklinationscirklen trækkes gennem Punktet og Centrum. Ved Hjælp af Kortets Deklinationsmaalestok indlægges derefter Planeten. — Det er tilstrækkeligt at benytte Stillinger med en Maanedes Tidsafstand, undtagen i Nærheden af Opposition og nedre Konjunktion, da man

helst maa benytte saa mange, som Kalenderen giver, altsaa Stillinger med en Tidsafstand af 10 Dage. Efter at de forskellige Stillinger er indlagte, tegnes Banen igennem dem.

45. Konstruktionen af en Planets Bane.

Naar den sideriske Omløbstid er omme, er Planeten kommet tilbage til samme Punkt i Banen; hvis vi derfor sigter til Planeten fra to Steder af Jordbanen, hvis Tidsafstand er lig Planetens sideriske Omløbstid, maa de to Sigtelinjer gaa mod samme Punkt af Banen. Ved at vælge flere saadanne »korresponderende« Punkter af Jordbanen, kan vi da finde lige saa mange Punkter af Planetbanen, vi vil, og saaledes faa denne bestemt.

Eks. Konstruer Venusbanen, idet Jordbanen regnes for en Cirkel, hvis Plan falder sammen med Venusbanens.

Paa et Stykke Papir slaar vi en Cirkel med Radius 10 cm. Den forestiller Jordbanen. Vi deler den i saa mange Dele som gør ligt, f. Eks. i Femgrader (Fig. 91), idet vi lader Inddelingerne gaa mod Øst (mod Uret). Som første Stilling af Jorden kan vi vælge Punktet 0, og som Observationsdag f. Eks. 1. Jan. For at faa Retningen af Sigtelinjen til Planeten, maa vi bestemme Elongationen for den Dag. Dette vil vi gøre ved Hjælp af Stjærnekortet og Kalenderen. Paa sædvanlig Maade bestemmer vi af Kulminationstiderne baade Planetens og Solens Rektascension og afmærker Deklinationscirklerne paa Kortet (vort eget selvtegnede). Disses Skæring med Ekliptika giver os Længderne. Den herved fremkomne Elongation eller Længdeforskel mellem Sol og Planet indfører vi paa vor Figur, idet vi fra Jorden trækker Sigtelinjen til Solen, og afsætter Elongationen fra denne Linje ved at slaar en Bue gennem Solen med Jorden som Centrum; Buens Længde kan vi da

udmaale direkte paa den inddelte Cirkel. (NB. man maa nøje passe paa, at Buen bliver afsat til den rigtige Side for Solen, idet vi paa Kortet ser, om Planeten staar øst eller vest for Solen, Tallene paa Kortet gaar som bekendt mod Øst. I Figuren, der gælder for 1907, staar Venus 38° vest for Solen).

Den korresponderende Dag er 225 Dage længere fremme i Aaret eller den 226. Dag (14. Aug. for alm. Aar). Jordens Stilling paa Cirklen bliver da ved

$$\frac{225}{365} \times 360 = 222^{\circ}.$$

Fra dette Punkt trækkes atter Sigtelinjen til Solen, og man bestemmer paany Elongationen, som indføres paa Figuren (7° vestlig, 1907).

De to Sigtelinjers Skæringspunkt giver os da det første Punkt I af Planetbanen. Afsæt derefter Jordens Plads den 1. Februar, 1. Marts, 1. April og 1. Maj samt de dermed korresponderende Stillinger; find de tilhørende Banepunkter og vis, at disse meget nær ligger paa en Cirkel. Maal dernæst dennes Radius og find Forholdet mellem den og Jordbaneradien; sammenlig dette med Forholdet mellem Middelafstandene, som staar opført i Kalenderen.

Følgende Tabel bliver saaledes at udfylde:

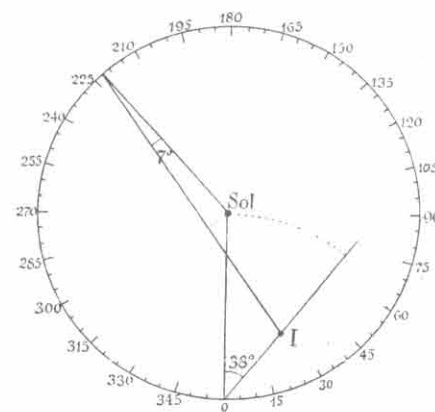


Fig. 91.

Dato	Jordens Stilling	Midnatspunkt	Middagspunkt	Sol-Kulm.	Sol-Rektas.	Sol-Længde	Planet-Kulmin.	Planet-Rektas.	Planet-Længde	Elongation
$\left\{ \begin{array}{l} 1/1 \\ 14/8 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0^0 \\ 222^0 \end{array} \right.$									
$\left\{ \begin{array}{l} 1/2 \\ \end{array} \right.$										
$\left\{ \begin{array}{l} 1/3 \\ \end{array} \right.$										
$\left\{ \begin{array}{l} 1/4 \\ \end{array} \right.$										
$\left\{ \begin{array}{l} 1/5 \\ \end{array} \right.$										

Den her skildrede Fremgangsmaade giver i Hovedtrækene Gangen i de Beregninger, Kepler udførte, da han bearbejdede Tycho Brahes Observationer af Mars's Stillinger. Kepler gik lige som vi først ud fra, at Jordbanen var en Cirkel, og fandt da, at Marsbanen var en oval Linje, hvori Solen havde en eksentrisk Stilling. Linjen var meget nær en Ellipse, i hvis ene Brændpunkt Solen sad. Han gjorde da Regningen om, idet han tillige betragtede Jordens Bane som en Ellipse med Solen i det ene Brændpunkt, og fandt da en saa god Overensstemmelse mellem Teori og Observationer, som overhovedet kunde ventes; den første Keplerske Lov var saaledes fundet.

46. Forudberegning af en Planets Sted og Kulminationstid.

Naar vi kender Tiden for en Konjunktion eller Opposition, kan vi beregne de tre Himmelleger Solen, Jorden og Planetens Stillinger i Forhold til hinanden. Er der nemlig gaaet m Dage siden Oppositionen eller Konjunktionen, og er Jordens sideriske Omløbstid a Dage, Planetens b Dage, da har Jorden flyttet sig Vinklen

$$\frac{m}{a} \times 360^0,$$

og Planeten

$$\frac{m}{b} \times 360^0.$$

Vi kan da finde Elongationen eller, hvor langt Planeten staar fra Solen, og da vi altid ved, hvor denne er, ved vi altsaa ogsaa, hvor Planeten er. — Vi skal ikke indlade os paa vidtløftige Regninger, men se, hvorledes vi tilnærmelsesvis ved Konstruktion kan finde Planetens Plads paa Stjærnekortet og derved finde Tiden for dens Kulmination.

Ekspl. Venus var i nedre Konjunktion 7. Juli 1900; find hvornaar den kulminerede 11. April 1907.

Vi tegner ligesom i forrige Opgave paa et Stykke Tegnepapir en Cirkel med Radius 10 cm, og deler den i Femgrader; den forestiller Jordbanen. Endvidere

tegner vi koncentrisk med denne en anden Cirkel med Radius 0,72 Gange den førstes; den forestiller Venusbanen (Fig.

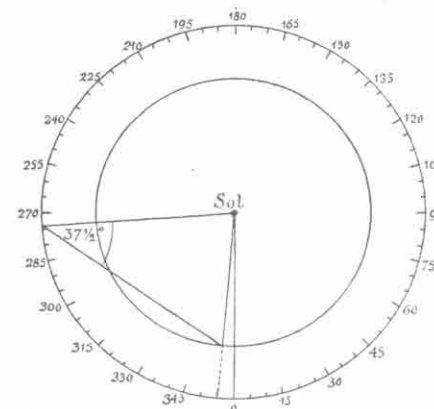


Fig. 92.

92). Baade Jord og Venus afsættes ud for Nul i nedre Konjunktion. Dernæst regner vi ud, hvor mange Dage der er gaaet siden den nævnte Konjunktionsstilling; det bliver 2469 Dage (Nummeret paa hver Dag i Aaret staar i Kalenderen). I den Tid har Jorden gjort 6 Omgange med 277 Dage til Rest; i disse sidste har den beskrevet

$$\frac{277}{365} \times 360^\circ = 274^\circ.$$

Venus har da gjort 10 Omgange med 222 Dage til Rest, i hvilke den beskriver

$$\frac{222}{225} \times 360^\circ = 355^\circ.$$

Jorden afsættes derfor ved 274^0 og Venus ved 355^0 . Trækker vi dernæst Sigtelinjerne fra Jorden til Solen og fra Jorden til Venus, finder vi Elongationen, hvis Størrelse vi direkte kan aflæse paa den inddelte Cirkel ved at slaas en Bue gennem Solen og afmaale dens Størrelse paa Cirklen. Vi finder da Elongationen lig $37\frac{1}{2}^0$; den er, som det ses, vestlig. Dernæst vender vi os til vort Stjernekort og finder herpaa Solens Plads, idet vi som sædvanlig finder Rektascensionen ved Hjælp af Kulminationstiden (lavet om til Københavns Tid). Ved Deklinationscirkelns Skæring med Ekliptika findes Solens Længde. Da vi kender Elongationen, kan vi nu altsaa finde Planetens Længde og har dermed altsaa Planeten indprojiceret paa Ekliptika, hvilket jo paa det nærmeste er dens virkelige Plads.

For dernæst at finde Tiden for dens Kulmination, maa vi først finde dens Rektascension. Dertil behøver vi blot at trække Deklinationscirklen gennem Planeten til Skæring med Ækvator; af Rektascensionen i Forbindelse med Midnatspunktet for vedkommende Dag findes Kulminationstiden efter Københavns Tid, hvilken derefter gøres om til mellemeuropæisk ved Addition af 10^m. Opgangstiden findes af den halve Dagbue, som vi sætter lig med Solens, naar Solen staar paa samme Sted, altsaa naar vedkommende Punkt paa Ækvator er Middagspunkt.

Følgende Tabel bliver at udfylde:

	Dato
	Jordens Stilling
	Venus Stilling
	Elongation
	Midnatspunkt
	Middagspunkt
	Sol-Kulm.
	Sol-Rektas.
	Sol-Længde
	Planet-Længde
	Planet-Rektas.
	Planet-Kulmin.

TILLÆG

47. Tidevandene.

Ved Tidevandene, ogsaa kaldet Flod og Ebbe, forstaas den periodiske Stigen og Falden af Havvandet, der foregaar to Gange i Løbet af omtrent 25 Timer, og som navnlig iagttages ved Verdenshavens Kyster. — Man siger, der er Højvande, naar Vandet har sin højeste, og Lavvande, naar det har sin laveste Stand; den lodrette Afstand mellem disse to Vandstande kaldes Flodhøjden, og Vandstanden midt imellem disse to kaldes Middelvandstanden. Vandets Stigen fra den laveste til den højeste Stand kaldes Flod, dets Falden fra den højeste til den laveste kaldes Ebbe. Tidsforløbet fra Højvande til Lavvande er noget over 6 Timer, og den samme Tid gaar fra Lavvande til Højvande. Flodhøjden har ikke altid samme Størrelse; der er Tider, da Højvandet er højest og Lavvandet lavest, man siger da, at det er Springflod, og andre, da Høj- og Lavvandet har deres mindste Højde, hvilket kaldes Nipflod.

Forskellige Kendsgjerninger tyder paa, at Fænomenet har noget med Sol og Maane at gøre. Saaledes navnlig dette, at Højvandet ikke indtræffer hver Dag paa samme Klokkeslet, men hver Dag 50^m senere end den foregaaende, en Forsinkelse som vi jo ogsaa kender fra Maanens Kulmination. Endvidere at Springflod indtræffer omkring Ny- og Fuldmaanetid, Nipflod ved Kvarterskifterne. Flod og

Ebbe er i det hele taget stærkest ved Jævnøgntider, og dette desto mere, jo mindre Maanens Deklination samtidig er. — Hvorledes Sol og Maane kan være Skyld i Tidevandene, er forklaret af Newton; dog maa det bemærkes, at en fuldstændig Teori ikke kan gives, men vi maa nøjes med den Tilnærmelse at antage, at Jorden er helt omgivet af Vand.

Jordens Tiltrækning til Maanen bevirker jo, at denne bevæger sig omkring Jorden; Maanen trækker imidlertid lige saa meget i Jorden, og de to Himmelleger bevæger sig derfor i Virkeligheden i Baner omkring deres fælles Tyngde-

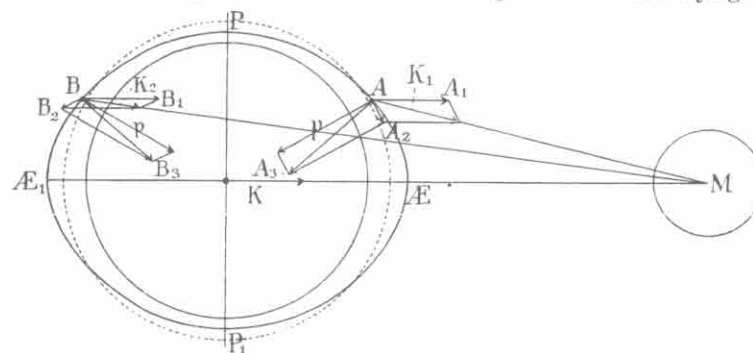


Fig. 93.

punkt. Hvorledes denne Tiltrækning i Forbindelse med Tyngden bestemmer Havets Form, fremgaar af Fig. 93. PP_1 er Jordaksen, M Maanen, der for Simpelheds Skyld tænkes at staa i Ækvator. Paa en Massedel i Jordens Centrum virker Maanen med en Kraft K , paa en ligesaa stor Massedel i A er Tiltrækningen K_1 større end K , medens den i B er mindre. Kraften K_1 opløser vi i AA_1 , der er lig og parallel med K , og AA_2 ; den første vil ikke forandre Vandets og den faste Jords indbyrdes Stilling under Faldet mod Maanen, den anden vil derimod frembringe en Forskydning mod Ækvator, Ligevægtsfiguren vil blive bestemt ved Resultanten AA_3 af AA_2 og Tyngden p . I B bliver Resultanten BB_3 . Tegnes en Overflade vinkelret paa Kraftretningerne, faas en Omdrejningsellipsoide om $AE\bar{A}_1$. Det ses, at paa

de Steder, for hvilke Maanen er i Zenith og i Nadir, vil Højvandet være størst, medens der er størst Lavvande i den Meridian, der gaar vinkelret paa Figurens Plan. Ved at Jorden drejer sig, og Maanen bevæger sig i samme Retning, gaar der $6\frac{1}{4}$ Time, inden Ebbemeridianen kommer gennem Maanen, og den samme Tid gaar der fra Højvande til Lavvande. — Foruden Maanen vil ogsaa Solen være flodfrembringende; dens Virkning er imidlertid mindre end Maanens paa Grund af den store Afstand; denne gør nemlig, at Forskellen paa Tiltrækningen paa de modsatte Sider af Jorden ikke er saa stor, og det er jo herpaa, at Flodfrembringelsen beror. Ved Nymaane og Fuldmaane falder imidlertid dens Virkning sammen med Maanens, og vi faar da Springflod; ved Kvarterskifterne modarbejder derimod de to Himmelleger hinanden, og vi faar da Nipflod.

Det er dog kun i grovere Træk, at Teorien stemmer med Virkeligheden. Paa Grund af Gnidning bliver Bølgen sinket, inden den naar ind til Kysterne, og Højvandsstuderne indtræffer derfor ikke samtidig med Maanekulminationen. Den Bølge f. Eks., der kommer ind i Vesterhavet, kommer dels fra Kanalen, hvorfra den gaar opad langs Hollands, Tysklands og Danmarks Kyster, dels Norden om Skotland ned langs Englands Kyst. Disse Bølgesystemer griber ind i hinanden og forstærker eller svækker hinanden efter Omstændighederne. Paa enkelte Steder finder en fuldstændig Udjævning Sted. I Østersøen mærkes kun lidt til Flod- og Ebbebevægelsen, den kommer hertil fra Vesterhavet. Ved Kyster, der danner Hindringer mod Bølgens frie Bevægelse, bliver Virkningen i Reglen meget forøget; navnlig opnaar Bølgen usædvanlige Højder, naar den presses ind i tragtformede Bugter eller Kanaler, saaledes i Bristolkanalen, i Themsen og allermest i Fundy Bugten, hvor den ved Springtid faar en Størrelse af henved 50 Fod.

Hvorledes man af Tiderne for Kulminationerne i København kan beregne Klokkeslettene for Højvande paa forskellige Kyststeder i de danske Farvande ses af Tabeller i Skrive- og Rejsekalenderen (S. 59—61).

48. Om Vind og Vejr.

En Blæst fremkommer ved, at Lufttrykket paa et Sted er større end paa et andet. Vinden blæser dog ikke direkte fra det Sted, hvor Trykket er størst, til det Sted, hvor det er lavest, men paa Grund af Jordens Akseomdrejning vil den bøje noget af. Dette indses paa følgende Maade.

Lad *A* og *B* (Fig. 94) være to Steder paa den nordlige Halvkugle, *A* nordligere end *B*; er nu Lufttrykket større i *A* end i *B*, da vil Kraften være rettet fra *A* mod *B*, og hvis Jorden ikke roterede, vilde vi altsaa i *B* mærke en Nordenvind; nu roterer imidlertid Jorden fra Vest mod Øst, og Hastigheden er jo des større, jo nærmere Stedet ligger ved Ækvator; *B* har altsaa en større Hastighed mod Øst end *A*. Forholdet er da ganske det samme, som hvis *B* stod stille, og Luften i *A* havde en Hastighed mod Vest; dennes



relative Bevægelse gaar da imod Sydvest, henimod et Sted *C*, der ligger vestligere end *B*; i *C* mærkes Vinden derfor som en Nordøstvind. Vinden er altsaa drejet af til højre for Minimet.

Er Trykket størst i *B*, vil Vinden ikke blæse direkte mod *A*, men paa Grund af *B*'s større Hastighed mod Øst, vil den i Forhold til *A* bevæge sig i nordøstlig Retning, og derfor mærkes som en Syvestvind; atter er den altsaa bøjet af til højre for Minimet. — Ligger dernæst de to Steder paa samme Bredde (Fig. 95), og er Trykket størst i det vestligere Sted *A*, da vil Trykforskellen bevirke, at Luftens Hastighed mod Øst bliver større, end den normalt plejer at være. Nu eksisterer der for Lufthavet lige saa vel som for Verdenshavene en bestemt Ligevægtsfigur, idet for hver Luftdels Vedkommende Resultanten af Trykkene og Jordens Tiltræk-



Fig. 95.

ning skal være den til Cirkelbevægelsen nødvendige Centri-

petalkraft, en Kraft der er desto større, jo større Hastigheden om Jordaksen er, altsaa størst ved Ækvator. Til en bestemt Hastighed vil der derfor svare en bestemt Afstand fra Aksen og fra Ækvator, og naar derfor Luften i *A* faar en større Hastighed mod Øst end den normale, vil den paa Grund af Inertien fjærne sig fra Aksen og samtidig trykkes nedad mod Ækvator til den til den nye Hastighed svarende Plads. Den bøjer altsaa ogsaa i dette Tilfælde af til højre for Minimet. Havde endelig Trykket været størst i *B*, vilde Trykforskellen have bevirket, at Hastigheden blev mindre end den, der svarer til Luftens Afstand fra Aksen; Luften søger derfor ind imod denne, og som Følge deraf Nord paa; atter bøjer den altsaa af til højre for Minimet.

Af det her fremsatte fremgaar da følgende Regel for Vindretningen: Paa den nordlige Halvkugle blæser Vinden saaledes, at en Iagttager med Vinden paa Ryggen har det laveste Lufttryk til venstre og noget foran sig. (Buijs-Ballots Lov).

49. Kykloner.

Et Luftryksminimum kan f. Eks. opstaa ude i Atlanterhavet ved, at der paa en større eller mindre Strækning sker Vanddampfortætning paa Grund af Afkøling (Isbjærge); inde over Land kan det f. Eks. opstaa ved, at Solen brænder stærkt paa et Sted, hvorved dette opvarmer Luften, der staar ovenover, og denne gaar derfor til Vejrs og flyder bort til Siderne; lige oven over det opvarmede Areal bliver Trykket derfor mindre, medens det udenom bliver større; der vil da opstaa et Vindsystem, der blæser i spiralformede Baner ind imod Minimet. Et saadant System af Vinde kaldes en Kyklon. Lad f. Eks. Barometerstanden variere som

i Fig. 96, da vil Vinden i Følge den ovennævnte Lov komme til at blæse som antydnet ved Pilene. Øst for Minimet er Vinden sydlig eller sydøstlig, Nord for er den østlig, Vest for er den nordlig eller nordvestlig, og Syd for er den vestlig.

Vejret vil ikke være ens paa den østlige og den vestlige Side af Kyklonen; paa den østlige er det gerne regnfuldt, paa den vestlige derimod klart. Sagen er nemlig, at de sydlige Vinde kommer fra Egne, der er varme, hvorfor de som Regel indeholder mange Vanddampene; ved at blæse til de nordlige Egne afkøles de, og Vanddampene fortætter sig. De nordlige Vinde paa den vestlige Side derimod kommer fra koldere Egne og bliver opvarmede ved at blæse mod Syd, hvorfor Vejret maa være klart. — I selve Minimet regner det; thi naar Luften stiger til Vejrs, afkøles den, og Vanddampene maa derfor fortættes.

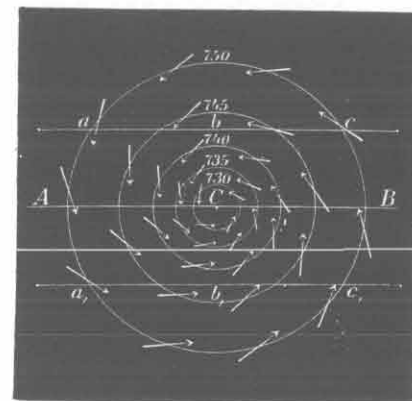


Fig. 96.

Naar Vanddampene paa den østlige Side fortættes, udøver de jo ikke mere noget Tryk, og da der desuden ved Fortætning frigøres Varme, hvorved Luften kommer til at gaa til Vejrs, maa Trykket paa den østlige Side efterhaanden falde; da nu endvidere Trykket i Minimet efterhaanden vokser, fordi Vindene blæser der ind imod, indses det, at hele Vindsystemet vil komme til at flytte sig mod Øst (i det nordlige tempererede Bælte hyppigst i nordøstlig Retning).

Det vil nu forstaas, hvorledes det er muligt, at man paa meteorologisk Institut kan danne sig en Forestilling om, hvorledes Vejret vil blive. Gennem telegrafisk Melding fra forskellige Stationer faar man Besked om det samtidige Luftryk paa disse Steder, og er da i Stand til at konstruere de Kurver, der forbinder Steder med samme Luftryk,

de saakaldte Isobarer, samt de tilhørende Vindretninger, saaledes som man ser det paa de af Institutet udgivne Vejrkort. Da Minimet endvidere bevæger sig mod Øst, kan man altsaa forudsige, hvad Vinden vil blive. Passerer Minimet saaledes Nord for os, vil Vinden begynde med at blæse fra Sydøst eller Syd, hvorefter den vil dreje gennem Sydvest og Vest til Nordvest, og Vejret altsaa fra at være regnende, medens Vinden var sydlig, gaa over til at blive klart, naar Minimet er passeret forbi. Naar Barometret falder, betyder det altsaa, at en Kyklon nærmer sig, og det bliver derved forstaaligt, at Barometret kan være Vejrglas.

Tordenvejrene fremkommer ved opadstigende Luftstrømme med paafølgende Vanddampsfortætning omkring Luftens Ioner (se Elektricitetslæren). De dannes i de tempererede Egne paa Kyklonernes østlige Side, der er rig paa Vanddampe, eller ved lokale opadstigende Luftstrømme fremkaldte ved stærk Opvarmning (Varmetordenvejr). Da Kyklonen bevæger sig fra Sydvest til Nordøst, medens Vindretningen kredser spiralformig om Minimet, og altsaa paa sine Steder blæser mod Kyklonens Bevægelsesretning, har dette affødt den Tale, at Tordenvejrene gaar mod Vinden.

Naar Vindhastigheden naar op til 16 m i Sekundet, kaldes Vinden Storm, og stiger den til 32 m, haves en Orkan. Befinder Orkanen sig ude over Havet, vil Vandhøjden i Midten af Kyklonen paa Grund af det ringe Tryk kunne være 1 m eller mere over Havfladen udenfor, og naar Kyklonen bevæger sig ind over Land, følger Orkanbølgen med og kan da foraarsage frygtelige Oversvømmelser. Orkanerne optræder hyppigst og voldsomst i Troperne og er her ledsagede af hæftige Regnskyl med Lyn og Torden.

Tornados er Kykloner med samme Hæftighed som Orkanerne, men med langt mindre Udstrækning, kun nogle faa Mil i Diameter. Skypumperne er endnu mindre, men Lufthvirvlen er meget kraftig, og paa Grund af det ringe Tryk i Aksen er den opadgaaende Luftstrøm meget stærk, saa stærk, at den kan hæve mindre Genstande højt i Vejret.

Passater. Omkring Ækvator frembringer den stærke Hede stadig en opadgaaende Luftstrøm, hvorfor Trykket her er lavt, medens det omkring Vendekredsene er højt; der vil derfor stadig blæse en Vind fra disse mod Ækvator. Paa Grund af Jordens Omdrejning vil den dog ikke blæse direkte mod Syd eller Nord, men i Følge Drejningsloven kommer den paa den nordlige Halvkugle til at blæse fra Nordøst og kaldes derfor Nordøstpassaten, paa den sydlige Halvkugle derimod fra Sydøst og kaldes derfor Sydøstpassaten. Den Luft, der stiger til Vejrs ved Ækvator, flyder ud foroven og blæser mod Vendekredsene. I de højere Luftlag blæser derfor de saakaldte øvre Passater i modsat Retning af de nedre, paa den nordlige Halvkugle altsaa en Sydvestpassat og paa den sydlige en Nordvestpassat.

Monsuner er Vinde, hvis Retning skifter regelmæssig med Aarstiderne. De blæser f. Eks. i den nordlige Del af det indiske Hav. Om Sommeren bliver Lufttrykket over Asien lavt, fordi Fastlandet opvarmes stærkere end Havet, og der blæser da en Vind fra Havet ind over Land, der paa Grund af Jordomdrejningen bliver en Sydvestvind og kaldes derfor Sydvestmonsunen. Om Vinteren er Trykket derimod højt over Asiens Fastland, og Vinden skifter da om til en Nordostmonsun.

En Vekslen af Vindretningen i Løbet af Døgnet kan man under rolige Vejrforhold iagttage paa de fleste Kyststrækninger. Om Dagen bliver nemlig Landet varmet stærkere op end Havet, Trykket er derfor større ude over dette, og der blæser da en Paalandsvind; om Natten afkøles Landet derimod stærkere end Vandet, og Trykket er derfor større inde over Land, hvorfor der kommer til at blæse en Fralandsvind.

50. Skyerne.

Skyerne bestaar af yderst smaa Vanddraaber eller, hvis Temperaturen er tilstrækkelig lav, af smaa Isnaale. Da Draabernes Overflade er stor i Forhold til Vægten, falder de paa Grund af Luftmodstanden meget langsomt, saa langsomt, at de nederste Dele af Skyen faar Tid til at fordampe, efterhaanden som den falder, og Dampene stiger da

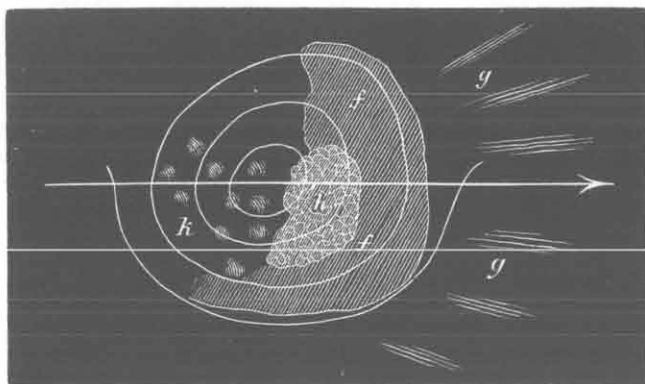


Fig. 97.

til Vejrs og fortættes igen paa Oversiden, hvorved Skyen kan holde sig svævende i samme Højde. Efter Skyernes forskellige Udseende har man inddelt dem i forskellige Hovedformer, af hvilke her skal nævnes:

1) Fjerskyen. Det er en fin hvid Sky, der ligner en Fjer; den ligger meget højt og svæver foran Kyklonen (paa dens Østside), idet dens Længderetning peger mod Kyklonens Centrum; *g* paa Fig. 97. Den bestaar af Isnaale.

2) Slørskyen. Den dækker tit hele Himlen som et Slør, gennem hvilket man dog kan se Solen eller Maanen og de klareste Stjærner. Disse Skyer svæver ogsaa meget højt, men nærmere ved Centrum end Fjerskyen; de bestaar ligesom disse af Isnaale. *f* Fig. 97.

3) Regnskyen. Fra den falder der Regn; den ligger nærmest Centrum og betydelig lavere end de andre Skyformer. *h* Fig. 97.

4) Lamme- eller Makrelskyen. Den bestaar af smaa runde hvide Skyer, der danner ligesom enten en Lamme- eller Makrelryg. De svæver paa Kyklonens vestlige Side højere end Regnskyen, men lavere end de to førstnævnte Former.

51. Nedbøren.

Herved forstaas den Mængde Vand, der kommer ned dels som Regn, dels som Hagel, Sne eller Isslag. Dette sidste fremkommer, naar Regnen er underafkølet; idet den støder mod Jorden, indtræder Frysningen. Nedbørens Mængde udtrykkes i Tommer eller Centimeter, idet der angives, hvor højt den i Løbet af et Aar nedfaldende Mængde vilde staa, hvis intet fordampede eller sivede ned i Jorden. Maalingen foregaar ved Hjælp af en saakaldet Regnmaaler. Den er afbildet i Fig. 98. Tragten hindrer Vandet i at fordampe igen; den opsamlede Mængde hældes over i et Maaleglas, hvis Grundflades Forhold til Tragtmundingsens Areal maa kendes. Simplest afpasses Inddelingen paa Maaleglasset saaledes, at man paa dette direkte kan aflæse, hvor mange cm Vandet vilde have staaet i et Glas med Tragtmundingen til Grundflade.



Fig. 98.

Nedbørens Mængde er meget forskellig paa de forskellige Egne af Jorden. I det hede Bælte falder Regnen væsentlig i Regntiden, der indtræffer omkring de Tider, da Solen kulminerer i Nærheden af Zenith, altsaa i Sommerhalvaaret, der paa den nordlige Halvkugle indtræffer sam-

tidig med vor Sommer, og paa den sydlige samtidig med vor Vinter. Nedbøren kan i disse Egne naa op til flere Meter. I de tempererede Egne er der ingen saadan periodisk Fordeling af Nedbøren, der tillige er meget mindre end i Troperne. I Europa er Regnmængden størst paa Vestkysten af Norge og de britiske Øer. Dette ligger i, at de vestlige Vinde, der her er fremherskende, og som er rige paa Vanddampe, ved at tvinges til at blæse opad Bjærgene afkøles og derved afgiver deres Vandmængde. Den aarlige Regnmængde kan i disse Egne naa op til 2 Meter; i Danmark er Nedbøren gennemsnitlig 60 cm.

Særlig fattige paa Regn er Passatbælterne og de store Ørkner i Asien og Afrika. Passatbælterne er fattige paa Regn, fordi Passaterne blæser mod de varme Egne og derfor vanskelig mættes med Damp. Manglen paa Regn i Sahara skyldes den Omstændighed, at Solen opheder Sandet saa stærkt, at Luften bliver opvarmet saa meget over Dugpunktet, at den ikke kan give Regn, selv om der indtræder Afkøling ved de opstigende Luftstrømme. Asiens Ørkener er omgivne af høje Bjerge, der hindrer Tilførslen af Vanddamp, idet denne afgives, medens Vindene blæser opad Bjærgsiderne; efter at have passeret disse er Vinden derfor tør.

52. Lufttemperaturen.

Skal Luftens Temperatur maales, maa man for det første sørge for, at Termometret ikke bliver udsat for nogen-
somhelst Varmestraaling; man maa altsaa ikke lade Termometret hænge lige i Solen, og man maa heller ikke anbringe det tæt ved en Mur, paa hvilken Solen kan komme til at skinne en større Del af Dagen, da Muren i saa Fald, selv efter at Solen er gaaet bort, vil vedblive at udstraale Varme til Termometret. Dernæst gælder det om, at Ter-

metret kommer i Berøring med saa megen Luft som muligt; dennes Masse er nemlig saa lille, at en ringe Varmeu-
udveksling mellem Termometerbeholderen og den umiddelbart omgivende Luft vil bringe disse til at have samme Temperatur, medens den øvrige Lufts Temperatur kan være vidt forskellig derfra. Paa Rejser bruger man derfor et saakaldet Slynge-Termometer, d. v. s. et Termometer, der er bundet fast i en Slynge, og som man svinger flere Gange rundt, før man aflæser Temperaturen. Dette gentages, indtil man to Gange efter hinanden faar samme Aflæsning. — Paa faste meteorologiske Stationer plejer man at opstille Termometret i et lille Bur af Metal (Fig. 99), hvis Vægge og Bund er dannet af Skraaplader som Jalousier, og hvis Tag har en skorstensformet Aabning for Lufttrækkets Skyld; den ene Væg er Dør. Buret staar i et større Hus af Træ, omtrent $1\frac{1}{2}$ Meter langt, højt og bredt, med skraat Tag, der er dobbelt, saa at Luften kan strømme igennem det, og som hælder mod Syd. Væggene mod Øst og Vest er persienneformede, men Væggen mod Syd er ligesom Taget tæt og dobbelt med Luftcirkulation. Mod Nord er det aabent. Træhuset skærmer Buret mod Sol, Nedbør og Varmestraaling. Det staar paa fire Fødder, der er nedrammede i Jorden, og underneden har man gerne Græstørv. Buret staar saa højt, at Termometrets Beholder er omtrent 3 Meter over Jorden. Det maa staa paa en fri Plads, ikke nær ved Huse eller andre Genstande, der kan udstraale Varme. En Trappe fører inde i Huset op til Buret for Aflæsningens Skyld.

Luftens Temperatur er som bekendt underkastet mange Forandringer; ikke alene varierer den fra Sted til Sted, men ogsaa paa samme Sted forandrer den sig i Løbet af Døgnet og efter Aarstiden. Naar ikke Vind og Nedbør frembringer

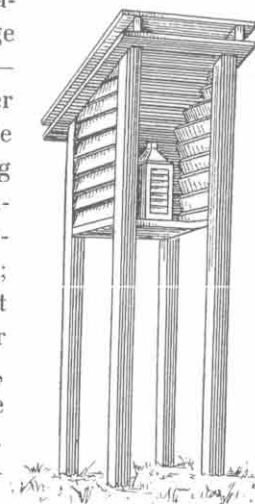


Fig. 99.

uregelmæssige Forhold, stiger Temperaturen jævnt til henved et Par Timer efter Middag, og falder da igen til lidt før Solopgang. Grunden til, at Temperaturmaksimummet ikke falder sammen med Solens Kulmination, er, at Jorden om Natten er bleven saa stærkt afkølet, at den vedbliver til efter Middag at modtage mere Varme, end den udstråler. Da endvidere Solstråalerne kort før Solens Opgang opvarmer de øvre Luftlag, hindres en fortsat Afkøling, hvorved Minimumet kommer til at ligge før Solopgang.

Ved et Døgn's Middeltemperatur forstaas Middelværdien af Temperaturen for Døgnets 24 Timer. Gentages Maalingerne en længere Aarrække igennem, og dannes Middeltallet af en bestemt Dags Middeltemperatur, faas denne Dags Normaltemperatur; i dette sidste Middeltal maa nemlig de forskellige tilfældige Omstændigheder antages at have ophævet hinanden. Paa lignende Maade dannes saavel de forskellige Maaneders som Aarets Normaltemperatur.

Et Steds Temperatur varierer jo med Aarstiden; dette ligger i, at den tilførte Varmemængde dels afhænger af den Vinkel, Stråalerne træffer under, dels af, hvor længe Solen er oppe; begge Grunde i Forening bevirker, at Temperaturen bliver højere om Sommeren end om Vinteren. De samme Grunde bevirker endvidere, at — alt andet lige — et Steds Aarstemperatur afhænger af Breddegraden, idet Temperaturen bliver des højere, jo nærmere Stedet ligger ved Ækvator.

INDHOLD

I. Del.

Himmelkuglen.

Stjernehimlen. Stjernekortet	Side 7
Nøjere Angivelse af Stjernernes indbyrdes Plads	- 10
Den daglige Omdrejning	- 13
En Stjernes Koordnater m. H. t. Horizonen	- 15
Timevinkel	- 19
Bestemmelse af Tiden for en Stjernes Kulmination, Op- og Nedgang ved Hjælp af Kortet	- 21
Solen og Ekliptika	- 23
Sand Soltid og Middeltid	- 26

Jorden.

Et Steds geografiske Beliggenhed	- 32
Klokkeslettet paa forskellige Steder af Jorden	- 35
Bestemmelse af Meridianen	- 37
At finde Stedets Bredde	- 39
Kontrollering af Uret	- 39
At finde Tiden for Solens Op- eller Nedgang paa forskellige Steder af Jorden	- 41
Stedbestemmelse paa Rejser	- 43
Jordens Opmaaling	- 45
Jordens Inddeling i Zoner. Aarstiderne	- 50
Maaling af et Himmelleghemes Afstand fra Jorden. Parallelakse	- 54

Planeterne.

Planeternes tilsyneladende Bevægelse	- 58
Det Kopernikanske System	- 63
Keplers Love	- 67
Afstande og Størrelsesforhold	- 70
Biplaneter	- 73
Maanen	- 73
Kalenderen	- 80

Kometer	Side 82
---------------	---------

Formørkelser.

Maaneformørkelser	- 86
Solformørkelser	- 88

Fiksstjærnerne Afstande ..	- 90
----------------------------	------

Himmellegemernes fysiske Beskaffenhed	- 92
---	------

II. Del.

Sfæriske Formler	- 109
Tidsbestemmelse	- 109
Bestemmelse af Meridianen	- 111
Beregning af Klokkeslettet for en Stjærnes eller Solens Op- eller Nedgang	- 112
Tusmørkets Varighed	- 113
Bestemmelse af Vædderens Nulpunkt	- 115
Koordinater m. H. t. Ekliptika	- 117
Præcessionen	- 118
Aberrationen	- 121
En Planets synodiske og sideriske Omløbstid	- 123

Tegneøvelser.

Tegning af Stjernekortet	- 126
Indtegning af Ekliptika paa Kortet	- 127
Indtegning af en Planetbane paa Kortet	- 129
Konstruktion af Planetbanen	- 130
Forudberegning af en Planets Sted og Kulminationstid...	- 132

Tillæg.

Tidevandene	- 136
Om Vind og Vejr	- 139
Kykloner	- 140
Skyerne	- 144
Nedbøren	- 145
Lufttemperaturen	- 146
