

Introduktion til astronomi



Orion. Kilde: NASA.

Af Michael A. D. Møller
Opdateret 1/6-2026

Indholdsfortegnelse

1	Introduktion.....	4
2	Stjernebilleder.....	4
2.1	Berømte stjernebilleder.....	5
2.1.1	Karlsvognen og Store Bjørn.....	5
2.1.2	Lille Bjørn.....	6
2.1.3	Cassiopeja.....	6
2.1.4	Perseus.....	7
2.1.5	Svanen.....	8
2.1.6	Tvillingerne.....	9
2.1.7	Lyren.....	9
2.1.8	Store og Lille Hund.....	10
2.1.9	Orion og Plejaderne.....	11
2.1.10	Herkules - samt Dragen, Løven, Krebsen og Søslangen.....	12
3	Stjernernes daglige gang hen over himmelen.....	13
3.1	Siderisk- og middelsoldøgn samt forskellige årlængder.....	14
3.2	Sideriske- og synodiske omløbstider for planeterne.....	14
3.2.1	Ydre planeter.....	16
4	Sfæriske koordinatsystemer.....	17
4.1	Termer.....	17
4.2	Horisontsystemet.....	18
4.3	Ækvatorealsystemet.....	20
4.3.1	Vinkelangivelser.....	21
4.4	Ekliptiksystemet.....	22
4.5	Matematisk sammenhæng mellem de forskellige koordinatsystemer.....	22
4.5.1	Fra ækvatoreale- til horisont koordinater: $(\alpha, \delta) \rightarrow (Az, h)$	22
4.5.2	Fra horisont- til ækvatoreale koordinater: $(Az, h) \rightarrow (\alpha, \delta)$	22
4.5.3	Fra ækvatoreale- til ekliptikale koordinater. $(\alpha, \delta) \rightarrow (\lambda, \beta)$	22
4.5.4	Fra ekliptikale- til ækvatoreale koordinater. $(\lambda, \beta) \rightarrow (\alpha, \delta)$	22
4.5.5	Beregning af det sideriske tidspunkt.....	23
5	Stjernekortet og dets anvendelser.....	23
5.1	Præcession.....	24
5.2	Anvendelsen af stjernekortet.....	25
5.2.1	Øvelse – Solens opgangs- og nedgangstider.....	25
5.2.2	Øvelse - Algol.....	26
6	Nære astronomiske fænomener.....	26
6.1	Stjerneskid.....	26
6.1.1	Meteoritnedslag.....	27
6.2	Årstidernes vekslen.....	29
6.3	Månefaser samt eklipser/formørkelser.....	31
6.3.1	Synodisk, anomalistisk og siderisk måned.....	32
6.4	Tidevand.....	33
6.4.1	Eksempel – Gravitationen fra Månen og Solen.....	33
7	Opgaver.....	36
7.1	Solens intensitet ved Jordoverfladen.....	36
7.2	Nordstjernens højde.....	36
7.3	Stjernekortet.....	36
7.4	Siderisk og tropisk døgn.....	37
7.5	Tidsmålinger - repetition.....	37

7.6 Dyrekredsen og fødselshoroskop.....	37
7.7 Stjernebilleder og lysforurening.....	38
7.8 Vinkelmål – en simpel måde at måle vinkler på nattehimmelen.....	38
7.9 Koordinatsystemer – repetition.....	38
7.10 Nære fænomener – repetition.....	38
7.11 Nattehimmelen lige nu.....	39
7.12 Jordens kegleskygge.....	39
7.13 Måne- og solformørkelser.....	39
7.14 Tidevand.....	40
8 Referencer.....	42

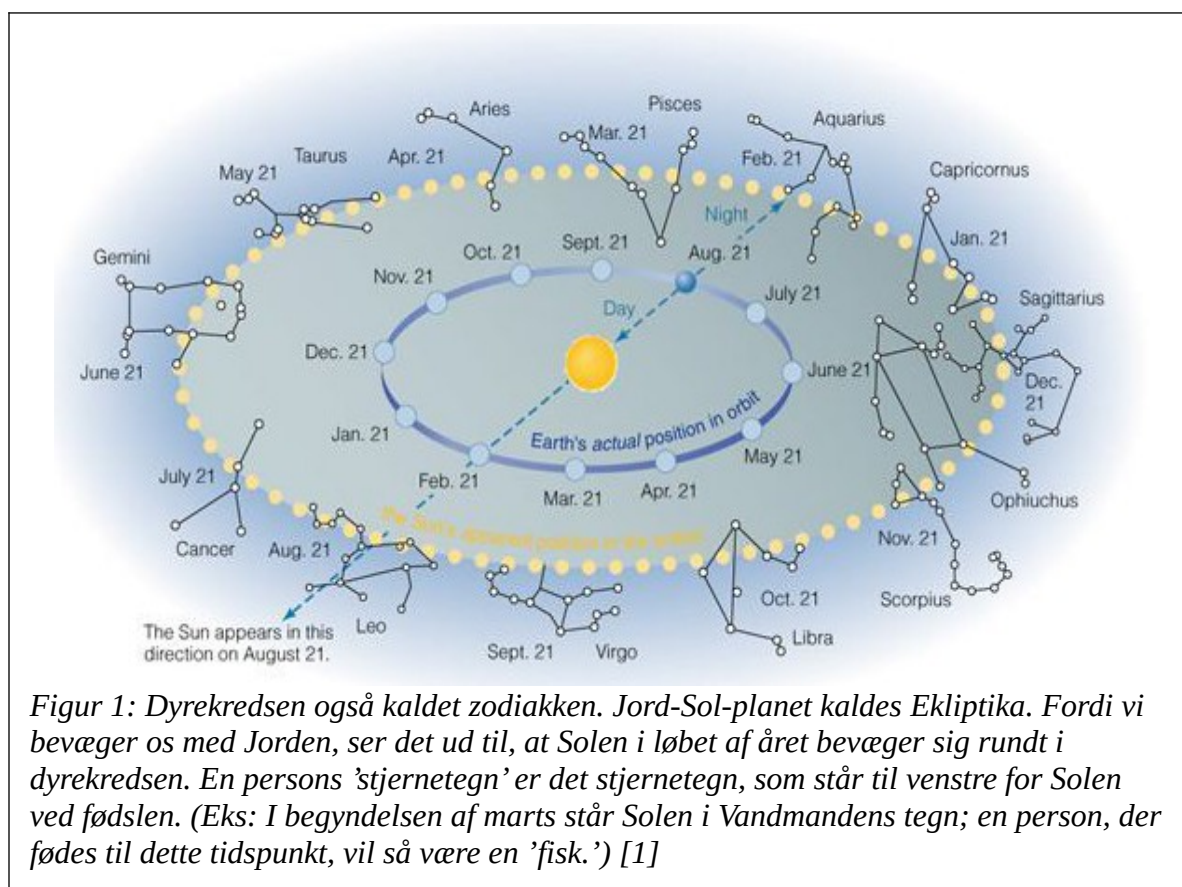
1 Introduktion

Hvad kan vi se på himmelen i Danmark, og hvorfor ændrer stjernehimmelen sig i løbet af døgnet og året? Hvorfor kommer der nogle gange formørkelser af Solen og Månen? Hvorfor er der tidevand og årstider? Disse og andre spørgsmål bliver besvaret i denne note.

2 Stjernebilleder

Stjernebilledernes navne og form, som vi kender dem, stammer fortrinsvist fra det gamle Grækenland, Armenien, Egypten og Babylon. Andre kulturer, som for eksempel kineserne, mayaerne, indianerne, eskimoerne, kelterne og selv nordboerne har også navngivet stjernekonstellationer og tilknyttet myter og historier til nogle af dem, men det er fortrinsvist navnene fra det græske verdensbillede, der anvendes i vores kultur.

I dag er der ikke nogen større astronomisk interesse i stjernebillederne bortset fra, at de bruges til at navngive stjerner samt, at de for (især) amatørastrofysikere bruges til at orientere sig på nattehimmelen. Derimod bruger astrologer og deres tilhængere stadigvæk stjernetegnene til at dyrke deres religion - astrologien.



Astrologer undersøger hvordan Solen, Månen og planeterne står i *dyrekredsen*, som er de 12 stjernebilleder, der ligger i Jordens baneplan *ekliptika*. (Dyrekredsen kaldes også for *zodiakken*.) Ud fra disse observationer eller beregninger laver de forudsigelser om fremtiden for mennesker, lande, sportsturneringer og meget andet. Det er værd at bemærke, at astronomien og astrologien fødtes

som én disciplin. For eksempel anvendte kongerne i det gamle Babylon astronomer til at bestemme himmellegemernes positioner, og disse astronomer konstruerede også horoskoper.

Helt op i middelalderen arbejdede astronomer med astrologiske forudsigelser. Vores egen berømte astronom, Thyge Brahe (Tycho Brahe på latin) og hans tyske kollega, Johannes Kepler, finansierede deres forskning blandt andet ved at udarbejde astrologiske forudsigelser for kongehusene i København og Prag.

Astrologien var de gamle babyloneres/mesopotameres statsreligion, men også romerne, grækerne og egypterne tyede til stjernerne, når de skulle dyrke deres tro. Planeterne blev ganske enkelt opfattet som guder – deraf planetnavnene. Blandt andet derfor er der tilknyttet ganske spændende historier til stjernebillederne, og nogle af disse myter¹ er anført nedenfor.

Læg mærke til at astrologien er en religion, mens astronomien er naturvidenskab, og at de er helt adskilte i dag.

2.1 Berømte stjernebilleder

Det vil være at gå for vidt at gennemgå samtlige 88 stjernebilleder i denne tekst, så derfor vil der kun blive gennemgået nogle letgenkendelige billeder, som samtidig er gode 'vejvisere' på himmelen.

2.1.1 Karlsvognen og Store Bjørn

Karlsvognen er en del af stjernebilledet *Store Bjørn*. Stjernebilledet fylder godt på himmelen og er karakteristisk ved sine 7 lysstærke stjerner. Navnet stammer fra den nordiske mytologi og betyder *mandens vogn*. (Lille Bjørn er kvindens vogn.) Andre navne er for eksempel Ploven (England), Store øse (USA) og fra oldegyptisk kommer navnen Skinken.

Man kan bruge Karlsvognen til at finde retningen til Polaris/Nordstjernen. Metoden er enkel. Tegn en linje på ca. 4 gange længden af bagvæggen af Karlsvognen. Linjens retning er bort fra bunden af Karlsvognen, og den ender ved Nordstjernen. Hvis du kan finde Karlsvognen, kan du dermed altid finde nord.

Den græske bjørnetragedie om Den Store Bjørn

Artemis var gudinde for naturen og de vilde dyr. Hun var den evigt kyske, som ikke ville vide af mænd. Artemis havde en flok nymfer som følge, og de måtte alle sværge at forblive jomfruer ligesom gudinden.

Kallisto var en ung, smuk pige, der nu opnåede den store ære at blive optaget i nymfeflokken. Hun sværgede ligeså og opførte sig ganske eksemplarisk, og efter et års tid var hun blevet en af Artemis' yndlinge. Imidlertid forelskede Zeus sig i hende og forførte hende. En dag badede nymferne og stor var forfærdelsen, da det nu viste sig, at Kallisto var højgravid.

Artemis' vrede var frygtelig. Da Kallisto fødte sønnen Arkas, blev han straks givet bort i pleje, og Artemis jagede Kallisto ud i den store vilde skov, hvor hun forvandlede Kallisto til en bjørn. Kallisto kunne nu flakke rundt i skovene som et vilddyr men med sin menneskeforstand i behold.



Figur 2: Store Bjørn som Karlsvognen er en del af. [2]



Figur 3: Lille Bjørn med Nordstjernen. [2]

1 Der findes forskellige versioner af historierne, så læseren opdager måske, at nogle af historierne her er i en anden version, end man kan læse andre steder.

Efter mange år så hun tilfældigt en ung mand stå i en lysning i skoven, og hun genkendte ham straks som sin søn. Glad løb hun ham i møde med udbredte arme, men den unge mand, der så en kæmpe bjørn komme hen mod sig i fuld fart, blev rædselsslagen, hævdede sin jagtdolk og stødte den i brystet på bjørnen, der styrtede om ved hans fødder. Kallisto var død - dræbt af sin egen søn. Zeus brød ind og rykkede dem begge op i Himmelen, så de kunne nyde evigheden sammen. Her kan man således stadig se Store Bjørn og Lille Bjørn, som altså hedder Kallisto og Arkas. [3]

2.1.2 Lille Bjørn

Lille Bjørn (*Kvindens vogn* på oldnordisk) ligner en miniversion af Store Bjørn, og stjernerne lyser også svagere end stjernerne i Store Bjørn. Derfor er den lidt svær at finde, hvis man bor inde i byen. En af stjernerne, Nordstjernen, er dog ret nem at finde. (Se beskrivelsen af Karlsvognen.)

Nordstjernen ligger næsten i den ene af de retninger, som Jordens rotationsakse udstikker, og derfor står den næsten stille hele tiden, mens de andre stjerner cirkler en omgang rundt om den for hvert sideriske² døgn.

I opgave 7.2 bagest i kapitlet ser man, at højden af Nordstjernen over horisonten altid svarer til observationsstedets breddegrad. Man kan altså navigere ved hjælp af Nordstjernen, hvis der er mørkt nok om natten.

2.1.3 Cassiopeja

Store Bjørn, Lille Bjørn og Cassiopeja kan man finde langs en lille cirkel henover himmelen. Cassiopeja er i Danmark altid oppe uanset årstid, og derfor er den også velegnet som vejviser på himmelen.

Nedenfor kan du læse, hvordan grækerne opfattede stjernebilledet og hvilken historie, de har tilknyttet stjernebilledet.

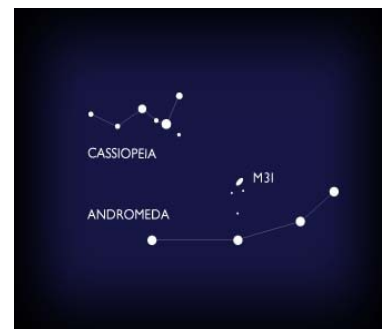
Historien om Cassiopeja

Historien knyttet til stjernebilledet handler om den fortryllende smukke dronning Cassiopeja, som var gift med kong Cefeus, der også har sit eget stjernebillede ved siden af Cassiopeja. De fik sammen datteren Andromeda, som om muligt var endnu smukkere end sin mor.

Dronningen forsømte ingen lejlighed til at understrege overfor alt og alle, at ingen kunne gøre de to rangen stridig som verdens smukkeste - ikke engang havets nymfer, nereiderne, der ellers var berømte for deres skønhed, kunne hamle op med Andromeda og Cassiopeja. Da dette blasfemi kom havets gud Poseidon for øre, blev han rasende og sendte et stort havuhyre mod dronning Cassiopejas land, Ethiopien. Havuhyret hærgede vidt og bredt langs kysten, skyllede flodbølger op over markerne og gik til angreb på indbyggerne - mange af dem blev sønderrevet og fortæret af det frygtelige uhyre. Indbyggerne ofrede til Poseidon, men det standsede ikke havuhyrets hærgen. Til sidst truede folket med oprør og krævede, at prinsesse Andromeda blev ofret til havuhyret, så Poseidon kunne blive formildet.

Dronningen var fortvivlet, men ville hun beholde sin trone, måtte hun give efter for folkets krav og ofre sin datter! Derfor lod Cassiopeja nu Andromeda lænke til en klippe ved havets bred og afvente højvandet, så havuhyret kunne nå ind og fortære hende.

Og kan man nu ikke udholde spændingen, mens uhyret nærmer sig den stakkels Andromeda for at æde hende, kan man få afsluttet historien via historien om et andet stjernebillede - nemlig Perseus. [3]



Figur 4: Cassiopeia. Bemærk den ligner et W eller et M afhængig af den retning, man kigger. Egentlig bør man se den fra siden, for så er det lettest at se, hvad den virkelig forestiller – en tronstol til en dronning. [2]

² Se afsnittet om tider i afsnit 3.1.

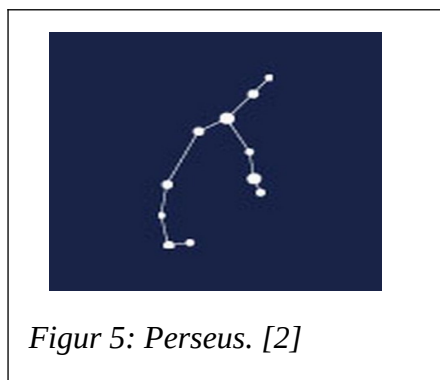
2.1.4 Perseus

Perseus er igen en af aktørerne i den græske mytologi. Stjernebilledet indeholder stjernen, Algol, som er interessant fordi, den er en dobbeltstjerne, som varierer i lysstyrke afhængig af, hvordan de to kredsende stjerner står i forhold til hinanden.

Stjernebilledet fylder godt på himmelen – 25 gange 30 kvadratgrader.

Historien om Perseus

Den første del af den lange historie om Perseus kan man finde under Cassiopeja-historien, og her får man afslutningen på historien om Andromedas skæbne.



Vi starter med endnu et af Zeus' sidespring: Zeus efterstræbte den smukke pige Danae. Danaes far, Akrisios, ville beskytte datterens dyd og byggede et underjordisk kammer og spærrede datteren inde dér. Imidlertid var overguden Zeus også vejrgud, og han lod sig som guldregn falde gennem fugerne i murværket. Konsekvensen af mødet blev 'naturligvis', at Danae blev gravid, og hun fødte sønnen Perseus. Den oprørte fader spærrede som hævn endnu engang sin datter inde - denne gang i en trækasse, sammen med hendes nyfødte søn og satte dem så ud på det vilde hav! Zeus så imidlertid hvad der skete og sørgede for, at kassen drev i land på den lille ø Serifos i det fjerne ørige Argos. De blev her fundet af en fisker, og Perseus voksede op alene sammen med sin mor i det fjerne ørige. Kong Polydektes af Argos gjorde kur til moderen, der som tidligere nævnt var meget smuk, hvad kvinderne altid er i disse myter - med mindre det da drejer sig om uhyrer som gorgonerne, der ser hæslige ud. Kongen sled ihærdigt for at få moderen som elskerinde, men Perseus var en kraftfuld ung mand, der beskyttede sin mors dyd mod kongens tilnærmelser.

En dag indbød kongen til et stort gilde, og ud på de små timer var der høj stemning og almindeligt praleri blandt de mandlige gæster. Perseus var for ung og uerfaren til rigtigt at deltage i snakken - han havde hverken kvindeerobringer, rigdom eller magt at prale af. Snakken faldt imidlertid også på de gruelige beretninger om gorgonerne - tre søstre, der levede langt borte ved verdens ende mod vest. De hed Stheno, Euryale og Medusa. Deres hår skulle bestå af lutter farlige slanger, og de var så fæle at se på, at man blev forstenet af at kigge på dem.

Nu tog Perseus ordet og erklærede med ungdommeligt overmod, at han ikke var bange for noget som helst - for eksempel skulle det ikke genere ham at befri Medusa for hendes slangebefængte hoved. Kongen var ikke sen til at tage Perseus på ordet, og Perseus måtte bevise sit mod ved at bringe Medusas afhuggede hoved til hoffet; ellers havde han afsløret sig som en løgner og slapsvans.

Nu var Perseus slemt i knibe, men guderne så med velvilje på den unge mand. Guden Hefajstos udstyrede ham med et skarpt krumsværd, guden Hermes gav ham et par vingede sko, og gudinden Pallas Athene gav ham et flot spejlblankt skjold og en solid vadsæk. Således vel udstyret tog Perseus afsted på sin dristige færd vestpå.

Efter en lang og farefuld rejse nærmede han sig gorgonernes land. Men da fandt han vejen spærret af "De tre Grå". De var tre meget gamle søstre - tre besynderlige hekse, der boede i en hule, hvor der aldrig kom lys ind, og de levede af ungt kød. Ydermere var de søstre til gorgonerne, så de var af god familie! (Men man blev ikke forstenet af at se på dem.) Det mest sælsomme ved dem var, at de alle tre kun havde ét øje og én tand tilsammen, som de skiftevis måtte låne til hinanden. Perseus sneg sig forsigtigt ganske nær til De Grå og i det øjeblik, den ene rakte øjet til den anden, sprang han frem og snupede det ud af hænderne på dem. Nu var det en smal sag for ham at slippe forbi og komme frem til gorgonerne, der boede midt i en skov.

Som han nu kom nærmere, lagde han mærke til, at skoven bestod af lutter stenfigurer - forsteninger af alle dem, der var kommet gorgon-søstre for nær. Perseus var klog nok til ikke at bilde sig ind, at han ene af alle skulle kunne udholde at se gorgonerne, og derfor brugte han nu de gaver, guderne havde forsynet ham med. Han holdt det blanke skjold skråt ud foran sig og sneg sig nærmere med bøjet hoved, kun vejledt af spejlbilledet. Det lykkedes ham at komme helt hen og gribe Medusa i slangehåret, og han huggede derefter hendes hoved af med krumsablen. De to søstre blev selvfølgelig rasende, men det lykkedes ham at flygte med det afhuggede hoved i hånden ved hjælp af de vingede sko. Han lagde mærke til, at hvor han kom frem, faldt fuglene til jorden som sten - Medusas hoved havde altså stadig sin frygtelige virkning. Med bortvendt hoved lagde han Medusahovedet ned i vadsækken og fortsatte sin rejse hjemad.

Idet Perseus huggede hovedet af Medusa, skete noget andet interessant og ejendommeligt: Op af hendes nu hovedløse krop fløj en bevinget hest, som svingede sig op til Olympen, gudernes bolig. Hesten har af samme grund fået sin egen plads på himmelen ved siden af Andromeda. Hesten hedder Pegasus, der siden da er blevet et symbol på digternes inspiration, og Pegasus bliver brugt som ridehest af Zeus, når han har travlt. Pegasus' far var guden Poseidon, som havde voldttaget Medusa i et tempel dedikeret til Athene, og det var Athene, der derefter straffede Medusa(!) ved at give hende slangehår. Men lad os følge Perseus videre på hans færd hjemad.

Her kom han tilfældigt forbi en klippe ved havets bred, hvor en ung smuk pige lå lænket – Andromeda. Da han standsede og ville løse hendes lænker, forklarede hun, at hun måtte ofres, for at landet kunne blive befriet for havuhyret. Perseus, der hurtigt var blevet dybt forelsket i den unge pige, skyndte sig derfor hen til Andromedas' far og mor - kong Cefeus og dronning Cassiopeja. Dronningen havde låst sig inde i fortvivelse og var ikke til at få i tale, men kongen lovede Perseus, at han måtte få prinsesse Andromeda til ægte, hvis han kunne klare, hvad ingen anden havde kunnet - at dræbe havuhyret og dermed befri landet for dets forbandelse.

Perseus red tilbage til stranden, hvor havuhyret netop var vraltet op på bredden og nærmede sig Andromeda. Perseus greb sin krumsabel, men sværdhuggene viste sig virkningsløse mod uhyrets skællede krop, og Perseus blev slået omkuld med et slag af uhyrets hale. Da kom Perseus i tanke om, hvad det var, han havde i sin vadsæk. Han råbte til Andromeda, at hun skulle lukke øjnene, og med bortvendt ansigt trak han op af sækken Medusas afhuggede hoved med slangerne, der stadig vred sig. Med et rædselsbrøl stivnede uhyret og blev til en klippeblok på stranden. Perseus kunne nu befri Andromeda, og kong Cefeus og dronning Cassiopeja kunne gøre klar til bryllupsfest.

Perseus tog nu hjem til Serifos med sin brud. Her opdagede han hurtigt, at kong Polydektes havde benyttet Perseus' fravær til at "besøve hans forsvarsløse mor". Perseus blev rasende og hævngherrig. Han lagde nu sækken med Medusahovedet for kongens fødder og forklarede, hvad der var i. Kongen, der ikke var vant til ærlig tale, slog en latter op og beordrede den unge løgnhals' sæk åbnet, så hans fupnummer kunne blive afsløret. Som sagt så gjort - og kongen og hans folk stivnede øjeblikkeligt til sten.

Perseus og Andromeda overtog ø-rigets trone. De opholdt sig dog ikke ofte i festsalen med stenstøtterne af den tidligere konge og hans mænd. [3]

2.1.5 Svanen

Svanen kan du se på billedet her til højre. Svanen findes i selve Mælkevejsstriben, og lyset fra stjernerne i Svanen er derfor en anelse druknet mellem lyset fra alle de andre stjerner. I billedet findes stjernen Deneb, som ligger i Svanens hale.

Historien om Svanen

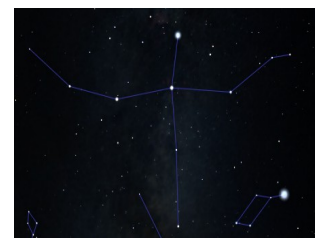
Kong Tyndareos i Sparta havde en vidunderlig smuk dronning ved navn Leda. Hendes skikkelse var så skøn, at enhver mand, der så hende, blev optændt af elskov. Men kongen vogtede sin smukke dronning godt. Hun hyllede altid sin krop i tætte gevandter, og når hun tog bad i søen, var hele omegnen afspærret for alle andre end hendes tjenestepiger.

En dag da Zeus sad oppe i sin himmel og betragtede menneskenes færden, fik han øje på Dronning Leda, da hun badede. Fra da af tænkte han ikke på andet end, hvordan han skulle bære sig ad med at nyde den smukke kvindes gunst. Som gud havde Zeus imidlertid en stor fordel i forhold til andre elskovssyge bejlere. Han kunne transformere sig om til en anden person eller endda et dyr og oftest var det i en sådan form, at han aflagde menneskene besøg.

Mens dronningen og tjenestepigerne badede, morede de sig altid med at fodre de mange svømmefugle i søen. En dag lagde Leda mærke til en flot svane, der virkede ganske tam. Den spiste af hendes hænder, og hun kunne kæle for den, uden at den flygtede. Hun svømmede rundt og legede med den smukke fugl, der strøg sig tæt op ad hende og det endte selvfølgelig med, at svanen og dronningen forenede sig i vandet.

Ni måneder efter denne affære fødte dronning Leda to drengebørn, som blev kaldt Pollux og Kastor. Kong Tyndareos var stolt af sine sønner, men han kendte jo heller ikke hele den mærkelige sandhed: Han var faktisk far til Kastor men ikke til Pollux, som var en gudesøn.

I historien om stjernebilledet Tvillingerne kan man læse, hvad der videre hændte Ledas tvillingsønner.



Figur 6: Svanen og Lyren, som ligger i Mælkevejsstriben. [4]

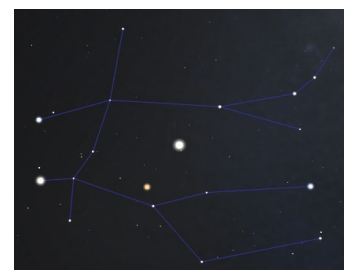
2.1.6 Tvillingerne

De 12 astrologiske stjernetegn (*zodiakaltegnene* med et fint ord) vil ikke blive gennemgået her – det overlades til læseren at lede efter for eksempel 'sit eget' stjernebillede. Men for at gøre historien om Ledas tvillingesønner færdig, vil tvillingerne alligevel blive omtalt her. Figur 7 viser et billede af stjernebilledet, og herunder følger historien.

Historien om tvillingerne.

Tvillingerne lignende ikke hinanden fra fødslen. (Og vi ved jo godt hvorfor.) Kastor var mørk og spinkel som sin far, mens Pollux var kraftig og usædvanlig lys i løden. De to brødre voksede op og blev et par prægtige unge mænd. De sås altid sammen, og de støttede og hjalp hinanden. Hvad den ene ikke kunne, kunne den anden, og sammen havde de mange spændende oplevelser og eventyr.

Da de var blevet voksne, blev tvillingerne gode venner med et andet søskendepar, Idas og Lynkeus, som var et par kampglade unge mænd. De fire unge tog sammen rundt i landet på noget, der nærmest må kaldes røvertogter. En gang havde de, efter et vellykket togt, en stor flok kvæg med hjem, køer og tyre af ædleste avl. De fire unge blev enige om at dele flokken i to, og de morede sig så med at lave en ædekongurrence om, hvem der skulle have hvilken del af flokken. De tilberedte en ko, delte den i fire dele og åd løs. Den, der blev først færdig, skulle vælge som nummer 1, den næste som nummer 2. Idas, der var kæmpestor og en rigtig grovæder, blev færdig længe før de andre, og han hjalp nu Lynkeus, der var langt bagefter, med at spise hans del, og på den måde blev Lynkeus nummer 2. Dermed kunne Idas og Lynkeus drage af sted med hele kvægflokken for næserne af Kastor og Pollux. Siden færdedes de to søskendepar hver for sig.



Figur 7: Tvillingerne med Mars og Merkur mellem sig. [4]

Et par år senere holdt tvillingerne bryllup. De giftede sig (naturligvis) med to søstre - døtre af en af Grækenlands rigeste mænd. Til brylluppet var Idas og Lynkeus også indbudt, og under festen kom de med nogle spydige hentydninger til det ikke videre imponerende beløb, Kastor og Pollux havde været i stand til at yde som det traditionelle brudekøb til svigerfaderen. De nybagte ægtemænd bed fornærmelserne i sig. Men efter bryllupsfesten drog de ud på togt, og de kom hjem med en flot gave til svigerfaderen som en forsinket medgift. Gaven var en stor kvægflok med tyre, køer og kalve - røvet fra Idas og Lynkeus, og flokken var dermed blevet røvet for anden gang.

Fra nu af var Idas og Lynkeus bestandig ude efter hævn! Tvillingerne undveg mødet med de stærke og vrede brødre. Men en dag var det alligevel lykkedes Idas og Lynkeus at komme ind på livet af dem. Pollux og Kastor måtte skjule sig i en hul egestamme, hvor de mente sig i sikkerhed. Men Idas fik øje på Kastors kappe gennem et knasthul i træet, og han stødte sit spyd ind gennem hullet for fuld kraft og sårede Kastor dødeligt.

Vild af sorg og hævnørst sprang Pollux frem til angreb, og Idas og Lynkeus måtte vige for hans rasende sværdhug. Det varede ikke længe, før Pollux havde dræbt dem begge. Pollux tog nu sin døende tvillingebror i armene og anrøbede guderne om at redde hans liv, og Zeus svarede ham: "Nej, Pollux, Kastor er avlet af kong Tyndareos' sæd, og han må som menneske dele menneskenes lod og drage til Hades, til dødsriget. Men du Pollux er min søn. Dig vil jeg beskytte og hjælpe til alt, hvad du ønsker dig."

Pollux var ikke i tvivl om sit ønske til Zeus - han og hans bror blev fundet døde i hinandens arme. Sammen drog de således ud på deres sidste togt.

Er dette næsten ikke til at bære, findes der en anden udgave af slutningen: Her slutter denne frygtelige historie med, at Pollux blot beslutter sig for at blive dødelig som sin bror, og de får af Zeus lov til sammen at opholde sig halvdelen af deres resterende levetid på Jorden og halvdelen på Olympen - i himlen hos guderne. Og de dør sammen efter et langt og lykkeligt liv.

2.1.7 Lyren

Lyren indeholder den klare stjerne Vega, som på den *nordlige stjernesfære* er den næstklareste stjerne efter Arkturus. Arkturus er dog ikke den klareste stjerne, vi kan se. Sirius, som ligger i Store Hund, er klarere end både Arkturus og Vega, og den kan i vinterhalvåret ses fra Danmark, selvom den ligger på den sydlige stjernesfære.

Historien om Lyren

Den himmelske harpe, Lyren, var et instrument som digteren og musikeren Orfeus spillede på. Han var søn af guden Apollon og musen Calliope. Når han spillede på sin lyre, blev alle tilhørere dybt bevægede, selv træer og buske svajede for tonerne - ja, undertiden kunne han endog få døde ting, såsom stokke og sten, til at danse til dets toner.

Orfeus giftede sig med en ung, smuk pige, nymfen Eurydike. Hun blev desværre umiddelbart efter brylluppet bidt af en slange og døde. Orfeus var knust af sorg. Derfor besluttede han at drage ned i underverdenen og betvinge Hades med sine toner, så at han kunne få sin elskede Eurydike med op igen. Så han drog afsted og nåede ned i underverdenen til den flerhovede hund og charmerede sig ind forbi vagthunden ved hjælp af musikken fra sin lyre. Det samme lykkedes med Charon, færgemanden ved floden Styx, hvor alle døde sejler over. Også den hårede slange Furies og endelig underverdenens ledere Hades og Persephone blev betvunget, og de accepterede, at Orfeus kunne tage Eurydike med op igen - på én betingelse: Han måtte ikke kigge tilbage!

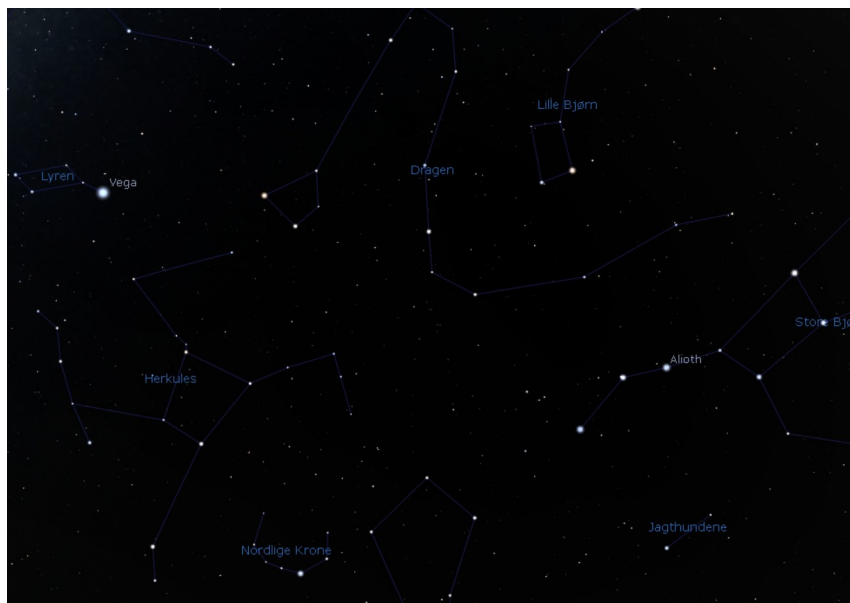
På vej op fra underverdenen blev Orfeus imidlertid grebet af en grusom, uforklarlig tvivl. Og om det gode og onde omkring underverdenen skal man aldrig tvivle! Orfeus kiggede sig i sin dybe tvivl et kort sekund tilbage over skulderen og Eurydike bogstaveligt talt smeltede foran øjnene på Orfeus, og i samme øjeblik lukkedes dørene til underverdenen. Således var Eurydike for bestandigt placeret i Hades.

Ensom og ulykkelig drog Orfeus nu rundt i syv måneder. Orfeus stiftede en religion, orfismen.

Han vandrede rundt og spillede på sin lyre og sang og tiltrak såvel mennesker som dyr. En gruppe kvinder fra Thrakien anført af vinguden Dionysos (læs: Fordrukne kvinder) blev også tiltrukket af den himmelske musik, men Orfeus kunne ikke forelske sig i nogen og slet ikke ligge med nogen af dem. Over dette blev kvinderne så arrige, at de gik løs på den stakkels Orfeus med sten, stegespid, morterstødere, hammere samt krumknive og de sønderrev lyrespilleren og splittede hans lemmer viden om. Orfeus hoved blev sammen med lyren kastet i vandet og drev med strømmen over til øen Lesbos, hvor man tog lyren og hængte den op i Apollons tempel. Endnu dér skal den have tonet og klinget uden at være rørt af menneskehånd og have fortryllet dyr, planter og sten. Man begravde Orfeus' hoved og nattergalene sang over hans grav så skønt som ingensteds ellers i verden. Endog Apollons spådomskunst skal hovedet have udøvet og givet mennesker orakelsvar, indtil Apollon udstrakte sin hånd og bød det tie. Og da tav det.

2.1.8 Store og Lille Hund

Store- og Lille Hund er stjernebilleder, som har stor historisk betydning; begge stjernebillederne er 'vedhæng' til stjernebilledet Orion. Som navnene antyder forestiller de jagthunde, og de er med Orion på jagt. I Store Hund findes nattehimmelens klareste stjerne set fra Jorden, Sirius, og den kaldes også for Hundestjernen. Se figur 9.



Figur 8: Lyren med den klare stjerne Vega. Man ser også Hercules og Dragen, hvor Dragen er klemt inde mellem Store- og Lille Bjørn. [4]



Figur 9: Store Hund, Lille Hund og Orion. [2]

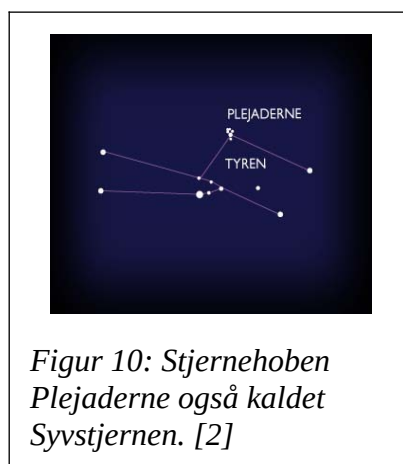
Sirius blev brugt af Egypterne som en datobestemmer. Når Sirius fik sin *heliakiske** opstigning i sensommeren, vidste agerdykkerne, at Nilen snart ville gå over sine bredder, oversvømme markerne og deponere næringsrigt slam på markerne. Derfor blev Sirius betragtet som en særlig stjerne.

2.1.9 Orion og Plejaderne

Plejaderne hører som hundetegnene til i nærheden af Orion. Man kalder også stjernehopet for Syvstjernen, fordi man i klart vejr i mørke omgivelser kan skelne ca. 7 stjerner med det blotte øje. Der er dog mange flere stjerner i hopet, som man tydeligt kan se ved brug af en almindelig håndkikkert. Plejaderne er objekt for den jagende Orion, og man kan finde dem ved at kigge lidt til højre for Orion.

Orion er velsagtens vinterhimmelens flotteste stjernebillede. Det er et stort billede, som er nemt at finde lavt over horisonten. I Orion findes den røde stjerne Betelgeuse, som betyder 'heltens armhule' eller 'albue' på arabisk. Det er en stjerne, som befinder sig ca. 130 pc fra Jorden, og den er ca. 400 gange større end Solen i radius. Overfladetemperaturen er dog 'kun' ca. 3000 K i modsætning til Solens 5800 K.

Stjernebilledet var særlig specielt for oldegypterne. Således er pyramiderne i Giza anbragt så deres formation ligner Orion, og (ganske vist lidt kontroversielle) teorier antyder, at fra gravkammeret i Cheops-pyramiden er der en 'luftkanal', som på et bestemt tidspunkt peger direkte mod Sirius. Den døde farao kunne så stige til vejrs via kanalen.



Figur 10: Stjernehopet Plejaderne også kaldet Syvstjernen. [2]

Grækerne havde også en god historie om Orion, og den er refereret herunder.

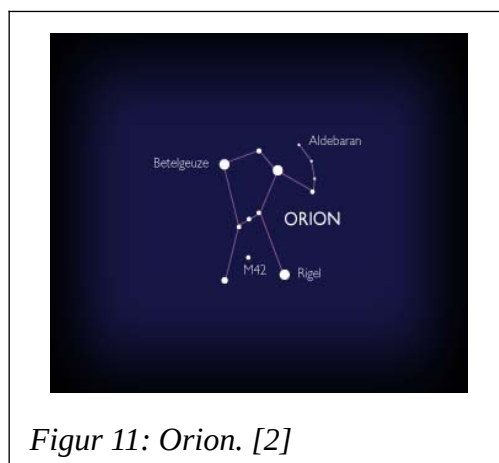
Historien om Orion

Der var en gang en vældig jæger ved navn Orion, som var søn af havets gud Poseidon. Han færdedes dagen lang i de store skove, hvor han med sværd og bue jagede de vilde dyr. Selv de stærkeste bjørne og de største ørne måtte lade livet for hans skarpe sværd og sikre pile. Intet, som han havde udset sig som sit bytte, kunne tilsyneladende undslippe.

Engang kom han til et kongerige i Bøotiens skove. Kongen havde intet mindre end syv smukke, unge døtre: Alcyone, Merope, Celaeno, Taygeta, Sterope, Maia og Elektra. Orion forelskede sig på stedet i alle syv, men kongen ville ikke have en omflakkende jæger som svigersøn og afviste Orions bejleri. Orion, der ikke var vant til, at noget bytte gik hans næse forbi, bortførte så en mørk nat den ene af døtrene. Men kongen satte efter ham med sine mænd, og om morgenen fandt han Orion i skoven, sovende i den unge piges arme.

Faderen tog en grusom hævn: Han lod øjnene stikke ud på Orion og efterlod ham hjælpeløs i skoven. Dette var vel den værste skæbne, der overhovedet kunne overgå en jæger.

Den blinde Orion famlede sig i månedsvis af sted gennem skove og bjerge. Omsider nåede han frem til guden Hefajstos, der havde en smedje i bjergene. Hefajstos blev rørt af den forfærdelige skæbne, der var overgået Orion, og han besluttede sig for at hjælpe ham. Han gav derfor Orion en af sine lærlinge, Kedalion hed han, som vejviser på den lange vej til Solen, som kunne tænde hans øjnes lys. Kedalion viste Orion vej gennem de vilde bjerge og ud til den yderste kyst, hvor Solen står op af havet.



Figur 11: Orion. [2]

* Heliakisk opstigning betyder at stjernen står op lige før solopgang. For Sirius' vedkommende sker dette omkring den 27/7. (For Kairo i 2008.)

Da de efter lang tids hård vandring nåede ud til kysten, satte de sig på stranden og Kedalion hjalp Orion til rette, så han, vendt mod den opadgående sol, kunne tænde sine øjnes lys ved hjælp af dens stråler.

Efter at have fået synet igen vendte Orion tilbage til skovene for at finde kongens døtre, men han kunne ikke genkende landskabet. På stedet, hvor kongen skulle bo, så han nu kun syv smukke hvide duer flyve omkring. Han sendte sine pile efter dem, men de undgik pilene og flygtede. Orion anede, hvem duerne var og forfulgte dem nu gennem de vidtstrakte skove. Sommetider syntes det ham, at pigen, han var sammen med i skoven, var med i flokken, somme tider var hun der ikke.

Helt slut er historien om Orion dog ikke (hvis man overhovedet magter flere tragedier): Orions evindelige praleri om sine jagtevnner havde tidligt i Orions liv gjort ham meget populær hos jagtens gudinde Artemis og derfor meget upopulær hos hendes tvillingebror Apollon. Apollon havde på dette tidspunkt i mange år tænkt over, at Orion havde sagt, at han kunne fange og dræbe et hvilket som helst dyr - og derfor pudsede Apollon nu Skorpionen på ham.

Det dyr kunne han ikke overvinde. Artemis græd over hans død og lod ham genopstå på de himmelske jagtmarker. Men når stjernebilledet Skorpionen om sommeren kommer op over horisonten, flygter Orion ned under den - de to stjernebilleder optræder aldrig samtidigt på himlen.

Også de syv søstre satte guderne på himlen til ære for Orion - de blev til Syvstjernen (Plejaderne), men enorme afstande adskiller i dag Orion og de syv søstre.

2.1.10 Herkules - samt Dragen, Løven, Krebsen og Sølslangen

Stjernebillederne Herkules og Dragen er nemme at finde. Dragen ligger nemlig lige mellem Store- og Lille Bjørn, og Herkules ligger ved dragens hoved. Se figur 8. Historien om Herkules kan læses nedenfor, og den inkluderer også stjernebillederne Krebsen, Løven og Sølslangen.

Herkules' opvækst

Herkules hed oprindeligt Alcidis. Som voksen blev han kaldt Herakles/Herkules. Han blev født af Dronning Alkmene af Theben i Bøotien og Zeus (Svanen) var hans far. (Zeus var gift med Hera, som i øvrigt også var hans søster.) Zeus lagde sønnen til hos Hera, da hun sov, og da Herakles drak Heras mælk blev han stærk som 12 mænd. Hera vågnede og blev rasende på Zeus, og hendes vrede gik ud over papsønnen – hadet aftog slet ikke gennem Herkules' opvækst.

Mens Herakles/Herkules var spæd, lagde Hera to giftslanger i hans vugge – men Herkules slog dem ihjel, og Hera indså, at det nok ville blive ret svært at få aflivet drengen. Da Herkules var blevet voksen, blev han gift med Megara og fik børn med hende, men Hera gjorde ham midlertidigt gal, og i sin galskab dræbte han Megara og deres børn. Efter udåden, fik han sin fornuft igen, og så måtte han sone sin handling.

Han spurgte oraklet Pythia i Delfi om råd, (Pythia var talsmand for guden Apollon) og han fik at vide, at han skulle melde sig hos sin slægtning Kong Eurystheus af Mykene og tjene ham i 12 år. Denne konge var ussel og fej, og på alle måder underlegen til Herkules. Alligevel tjente Herkules ham – ved at udføre 12 såkaldt umulige opgaver.

Herkules' 12 opgaver



Figur 12: Løven, Krebsen og Sølslangen. [4]

Hans første opgave var at dræbe Løven. Løven var et uhyre med skind så sejt, at intet våben kunne gennemtrænge det. Løven boede i en hule i Nemea sydvest for Korinth, og det elskede at æde mennesker. Se figur 12.

Fordi han ikke kunne skyde eller spidde dyret, måtte Herkules slå det i hovedet med sin kølle, så det blev bevidstløs. Derefter kunne han kværke det til døde. Dets skind brugte han senere til sit eget tøj, og dets hoved brugte han som hjelm. (Stjernebilledet **Lille Løve** er i øvrigt først opfundet af polakken Johannes Hevelius i 1687.)

Han næste opgave var at dræbe søslangen Hydra, som boede i sumpen i Lernas. Hydra var barn af monsteret Tyfon og hans kone Echidna, som var halvt kvinde, halvt slange. Hydra var giftig og havde 9 hoveder, hvoraf det ene er udødeligt. Hydra åd bøndernes køer, så den var ikke særligt vellidt i Lernas.

Da han hakkede et af Hydras hoveder af, voksede 2 nye ud – indtil han fandt ud af at brænde slangens sår, så nye hoveder ikke kunne vokse ud. Det var hans væbner Iolalus, der stod for at brænde slangens sår med en fakkel. Hera fik under kampen en ide til at få slået Herkules ihjel – han skulle jo bare distraheres, så han blev uopmærksom på et af hovederne, så hun sendte en lille krebs hen for at nappe ham i tæerne. Men han trådte den flad, og det lykkedes alligevel at dræbe Hydra. Dvs. han skar det udødelige hoved af og gemte det under en stor sten – der ligger det endnu og venter på at komme ud. Hera anbragte Løven og Krebsen på nattehimmelen. Herkules havde i øvrigt opsamlet en del af Hydras gift, så han kunne bruge den til sine pile – det skulle senere vise sig, at være en rigtig dum ide.

De næste opgaver springer vi hen over indtil vi kommer til den 11. opgave. Herakles stedmoder Hera havde i sin have et gyldent æbletræ, som hun havde fået i bryllupsgave. Denne have blev passet af hesperiderne, som var døtre af Atlas. (Ligesom Plejaderne og Hyaderne også var.) Hesperiderne var nymfer for aftenlyset. Selve træet var beskyttet af Dragen med navnet Ladon, som var bror til Hydra. Herkules' opgave var at hugge nogle guldæbler til Eurystheus – så han dyppede sine pile med Hydras gift, og så skød han Dragen, så den blev såret, og da den lå ned, kvaste han dens hoved ved at træde på den. Så nappede han æblerne og tog tilbage til kong Eurystheus.

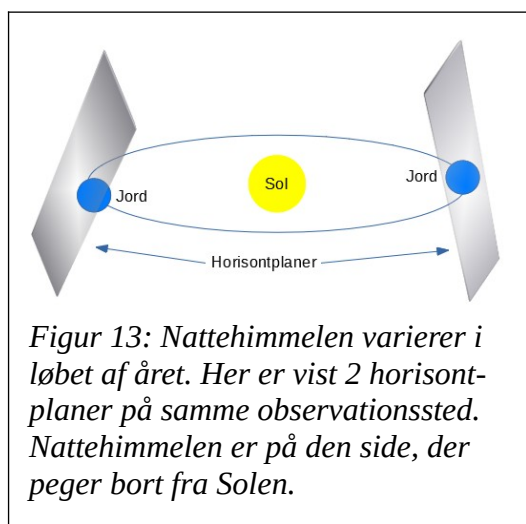
Da alle opgaver var tilendebragt blev han fritstillet, og han blev gift igen, denne gang med Deianeira – desværre var hans nye kone jaloux, så hun dyppede hans skjorte i Hydras gift, hvorefter Herkules dødelige krop døde, mens hans udødelige del røg til himmels, hvor det kan beskues den dag i dag. [5]

3 Stjernernes daglige gang hen over himmelen

Alle er bekendt med, at Solen står op hver morgen i østlig retning – om sommeren omkring NØ og om vinteren nærmere SØ. Den går tilsvarende ned i vestlig retning. (NV til SV.) Grunden er, at Jorden roterer 1 gang omkring sin rotationsakse for hvert *sideriske* døgn. Siderisk døgn betyder et døgn målt i forhold til stjernerne. Da vi står på Jorden, ser det ud som om stjernerne drejer 1 omgang rundt om os på et siderisk døgn. Noget af tiden er stjernerne under horisonten, og noget af tiden er de over denne.

Ligesom stjernerne tilsyneladende bevæger sig hen over himmelen, bevæger Solen sig også hen over himmelen. Men der er nogle mærkværdigheder. Nogle stjerner er oppe hele natten til alle tider på året. Andre stjerner ser vi aldrig fra én bestemt lokation, atter andre ser vi kun til bestemte tider af året, og endelig står nogle op og går ned akkurat som vores egen stjerne, Solen. Og et *middelsoldøgn* (MSD) er øjensynligt en smule længere end et siderisk døgn.

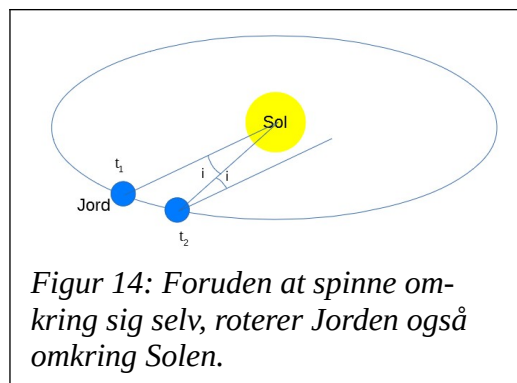
Forklaringen for den vekslende stjernehimel ligger i vores breddegrad samt vores årstid. Se figur 13. Tegningen viser et snit af horisontfladen for en observatør på en bestemt breddegrad til to tidspunkter på året. Man ser, at observationsstedets breddegrad indvirker på horisontplanets placering og dermed på den synlige nattehimmel. Da der



også skal være mørkt, når man observerer, vil de synlige stjerner også afhænge af Jordens position i forhold til Solen. Hvorfor middelsoldøgnet er længere end det sideriske døgn forklares nedenfor.

3.1 Siderisk- og middelsoldøgn samt forskellige årlængder

Jordens rotationstid i forhold til stjernerne kaldes som nævnt ovenfor et siderisk døgn, og i forhold til et middelsoldøgn er det en anelse kortere. Et siderisk døgn er $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4,1^{\text{s}}$. Da det sideriske døgn er lidt kortere end middelsoldøgnet betyder det, at hvis man observerer en stjerne på en bestemt position på himmelen en aften, så vil stjernen igen være på samme sted dagen $3^{\text{m}} 55,9^{\text{s}}$ tidligere end natten før. Det kan man indse ved at kigge på figur 14. På figuren er et lille stykke af Jordens bevægelse omkring Solen indtegnet. En observatør står til tidspunktet t_1 og ser Solen stå højest ved middagstid. Så venter observatøren 1 soldøgn og kigger igen på Solen, når den står højest på himmelen. (På figuren er den strækning, Jorden har flyttet sig, stærkt overdrevet.) Bemærk at Jorden skal dreje vinklen $i+360^\circ$ før Solen igen står i samme retning, som dagen før. Derfor er soldøgnet længere end stjernedøgnet. (Det sideriske døgn.) Lad os beregne forskellen:



En observatør med et meget præcist ud observerer en stjerne. Når stjernen står i en bestemt retning på himmelen, noteres det eksakte tidspunkt. Man venter i ca. et døgn, indtil stjernen står nøjagtigt det samme sted igen, og det målte tidsrum noteres. Dermed er det sideriske døgn målt, og værdien er som ovenfor nævnt $T_{\text{sid}} = 23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4,1^{\text{s}}$. Hvis man måler det samme for Solen, fås i gennemsnit $T_{\text{MSD}} = 24^{\text{h}}$, eftersom det er definitionen på et døgn.*

Hvis man kender omløbstiden, $T_{\text{sid, år}}$, for Jorden omkring Solen, kan man også beregne det sideriske døgn. Et siderisk år $T_{\text{sid, år}} = 365,2564 \cdot T_{\text{MSD}}$. Figur 14 viser, at Jorden i sin bane i løbet af et middelsoldøgn bevæger sig vinklen $i = 360^\circ \cdot T_{\text{MSD}} / T_{\text{sid, år}} = 0,9856090^\circ$. Altså skal Jorden spinde vinklen $360,9856090^\circ$ på et middelsoldøgn. For et siderisk døgn, som jo er defineret som tiden for at spinde 360° gælder, at $T_{\text{sid}} = 360^\circ / 360,9856090^\circ \cdot T_{\text{MSD}} = 0,99726967 \cdot T_{\text{MSD}} = 23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4,1^{\text{s}}$.

Foruden middelsoldøgnet og det sideriske døgn samt ditto år findes der andre tidskonstanter for Jord-Solsystemet, som tabel 1 viser. Der gælder også tilsvarende relationer for Jord-Månesystemet, og dem kan du læse om i afsnittet *Fænomener*.

Tabel 1: Forskellige årlængder.

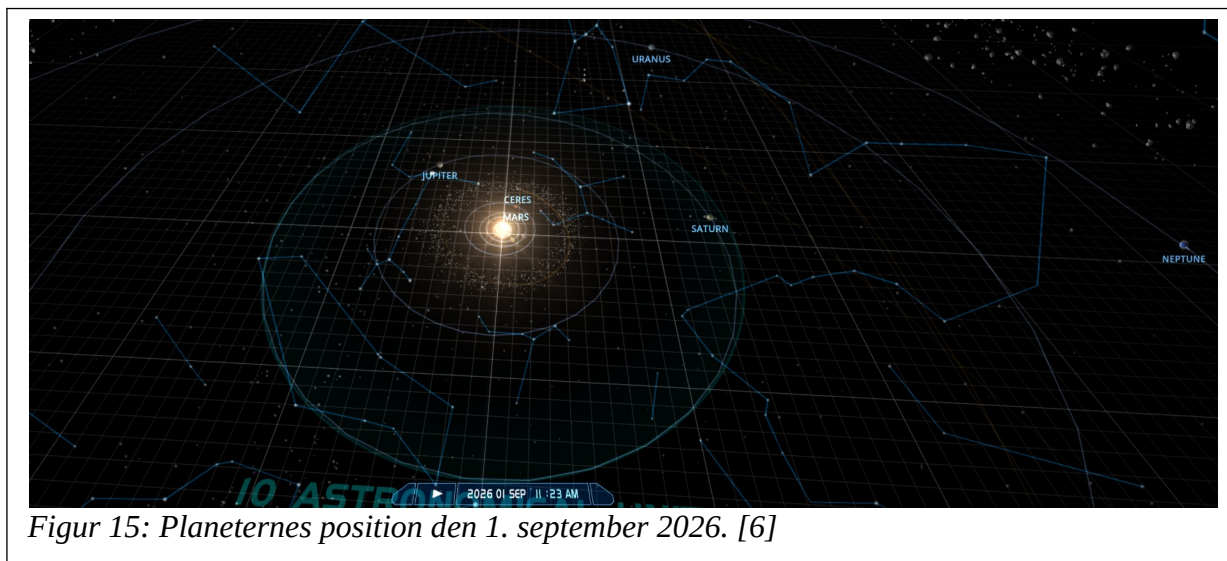
Tropisk år: Tid mellem Jordens passage af <i>forårspunktet</i> to gange. $T_{\text{trop}} = 365^{\text{d}} 05^{\text{h}} 48^{\text{m}} 45,4^{\text{s}} = 365,242192 \text{ MSD}$. Det tropiske år fortæller, hvornår Solen skærer ækvatorplanet, dvs. det fortæller noget om årstiderne. Deraf navnet.
Siderisk år: Omløbstid i forhold til stjernerne. $T_{\text{sid}} = 365^{\text{d}} 06^{\text{h}} 09^{\text{m}} 9,6^{\text{s}} = 365,256361 \text{ MSD}$. Pga. præcessionen forskyder forårspunktet sig lidt hvert år, og derfor er det sideriske år og det tropiske år ikke helt det samme.
Anomalistisk år: Tid mellem to perihelpassager, $T_{\text{sid}} = 365^{\text{d}} 06^{\text{h}} 13^{\text{m}} 52,5^{\text{s}} = 365,259635 \text{ MSD}$. (Perihel er det punkt i Jordens bane, der er nærmest Solen.) Påvirkninger fra de andre planeter flytter langsomt Jordens perihel. Dvs. Jordbaneellipsen drejer rundt.
Juliansk år: Året som Julius Cæsar indførte i 46 f. Kr. $T_{\text{jul}} = 365^{\text{d}} 06^{\text{h}} = 365,25 \text{ MSD}$.
Gregoriansk år: Året som Pave Gregor XIII fastlagde i 1582. I år 1700 indførte Danmark på Ole Rømers opfordring årlængden i Danmark. Det betød, at 11 dage blev oversprunget i kalenderen. $T_{\text{greg}} = 365^{\text{d}} 05^{\text{h}} 49^{\text{m}} 12^{\text{s}} = 365,2425 \text{ MSD}$.

3.2 Sideriske- og synodiske omløbstider for planeterne

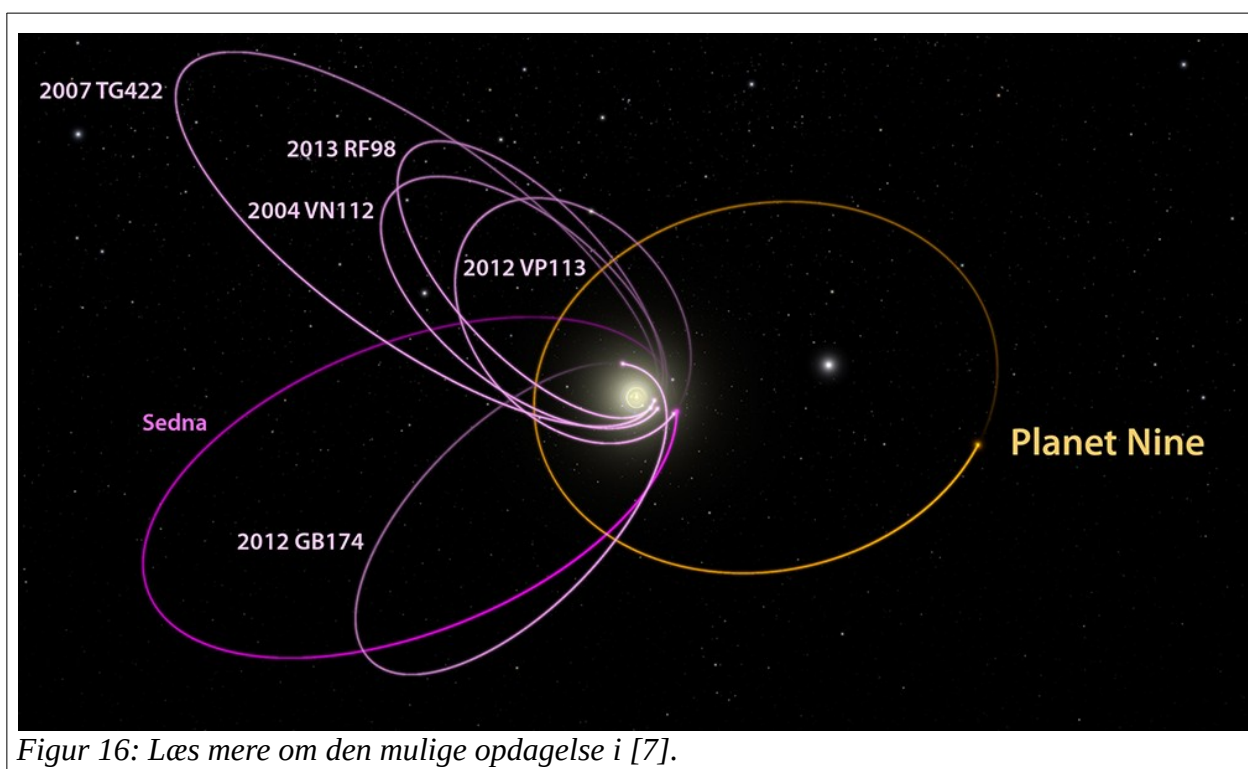
Der findes 8 planeter i Solsystemet, hvoraf de 4 inderste planeter Merkur, Venus, Jorden og Mars er stenplaneter. De 4 yderste planeter er Jupiter, Saturn, Uranus og Neptun. Pluto er omklassificeret til at være et Kuiper-objekt, som gennemgås i noten *Solsystemet og livsbetingelser*. Planeterne roterer

* Tiden fra middag til middag er ikke altid præcist 24 timer. Det skyldes, at Jorden bevæger sig i en ellipsebane og ikke en cirkelbane, samt at ekliptika og Jordens rotationsakse hælder i forhold til hinanden.

alle rundt om Jorden i forskellige tilnærmelsesvist ellipseformede baner. Se figur 15. De har sideriske omløbstider som vist i tabel 2.



Der er dog observationer, der tyder på, at der måske alligevel er 9 planeter i Solsystemet. Astronomerne Konstantin Batygin og Mike Brown har i Kuiperbæltet undersøgt småplaneters baner, og de kan kun forklare disse småkloders baner ved at antage, at der må være en ukendt planet på ca. 10 jordmasser med en middelfastand på ca. 600 AU³.



3 Beregningerne giver ikke en særlig præcis bestemmelse af middelfastanden. Faktisk ligger intervallet for middelfastanden i omegnen af 400-700 AU. [7]

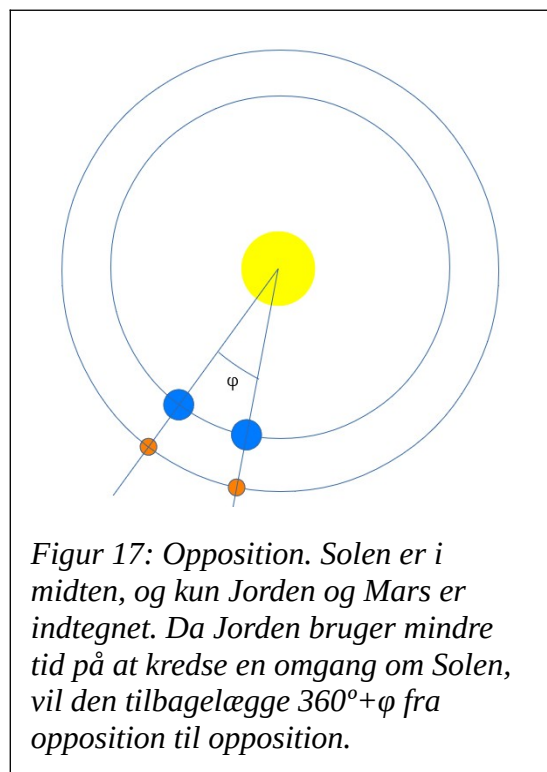
Tabel 2: Banedata for kloder i solsystemet.

	Middelfaststand fra Solen	Middelfaststand fra Solen	Siderisk omløbstid	Synodisk omløbstid	Banens excentricitet	Baneplanens vinkel med ekliptikas plan °
	AU	10 ⁶ km	År	Dage		
Merkur	0,387	57,9	0,241	116	0,2056	7,00
Venus	0,723	108,2	0,615	584	0,0068	3,39
Jorden	1,000	149,6	1,000	-	0,0167	0,0
Mars	1,524	228,0	1,881	780	0,0934	1,85
Jupiter	5,203	778,3	11,862	399	0,0484	1,31
Saturn	9,539	1427,0	29,458	378	0,0557	2,49
Uranus	19,18	2869	84,014	370	0,0472	0,77
Neptun	30,06	4497	164,793	367	0,0086	1,78
(Pluto)	39,44	5900	248,43	367	0,250	17,17

Den synodiske omløbstid defineres som tidsrummet fra konjunktion til konjunktion eller opposition til opposition. *Konjunktion* betyder at kloden peger i samme retning som Solen, og *opposition* betyder, at kloden står stik modsat Solen. Se figur 17. Den synodiske omløbstid er altså en tid, vi kan måle *her fra Jorden*, mens den sideriske tid er en størrelse, som umiddelbart kræver, at man står på planeten, når der skal måles.

3.2.1 Ydre planeter

På figur 17 er Solen anbragt i centrum og Jorden og Mars er også markerede. På et tidspunkt står Mars i *opposition*, dvs. den står modsat Solen. Man starter uret ved opposition og venter til Mars igen står i opposition. Tidsrummet T_{syn} er forløbet. Som tegningen viser, er der gået mere end et år, for Jorden har skullet bevæge sig mere end en hel omgang. (Jorden har større vinkelhastighed end Mars jævnfør Keplers 3. lov. Se afsnittet om Keplers love i noten *Solsystemet og livsbetingelser*.)



Jordens sideriske omløbstid kaldes $T_{\oplus}$ og Mars' sideriske omløbstid er $T_{\mars}$. De to planeters vinkelhastigheder kan nu udregnes som $\omega_{\oplus} = 360^\circ/T_{\oplus}$ og $\omega_{\mars} = 360^\circ/T_{\mars}$, og dermed bliver de to planeters tilbagelagte vinkler det målte tidsrum T_{syn} ganget med vinkelhastighederne. Altså må følgende gælde:

$$\begin{aligned} \omega_{\oplus} \cdot T_{\text{syn}} &= 360^\circ + \omega_{\mars} \cdot T_{\text{syn}} \\ \Downarrow \\ (360^\circ/T_{\oplus}) \cdot T_{\text{syn}} &= 360^\circ + (360^\circ/T_{\mars}) \cdot T_{\text{syn}} \\ \Downarrow \\ 1/T_{\mars} &= 1/T_{\oplus} - 1/T_{\text{syn}} \end{aligned} \quad (1)$$

Eksempel: Mars har en synodisk omløbstid på 780 dage. Jordens sideriske omløbstid er 365,256 dage. Altså må $1/T_s = 1/365,256^d - 1/780^d = 0,001455754530858 \text{ d}^{-1} \Rightarrow T_s = 686,9289971645^d = 1,880678201493^{\text{år}} \approx 1,881^{\text{år}}$.

Ved at *observere* planeterne synodiske omløbstider, kan man altså *beregne* planeterne sideriske omløbstider uden at være tvunget til at rejse ud til dem og foretage målingerne derfra. Det er uhyre nyttigt, når man skal bestemme planeterne middelfastande til Solen. Mere om det i kapitlet om Keplers love.

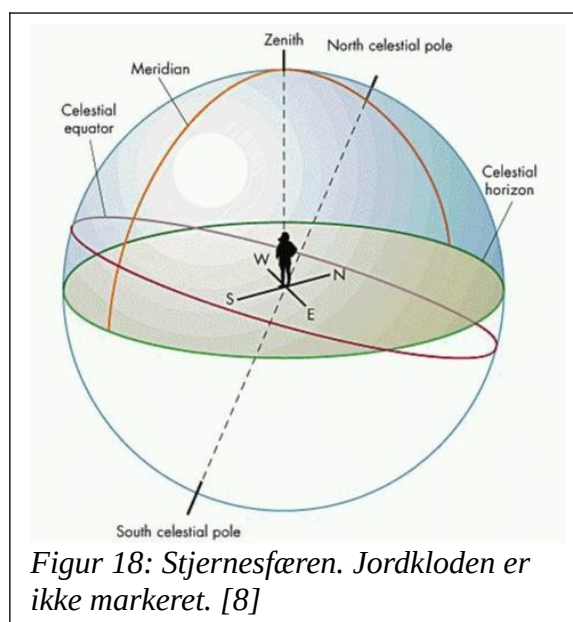
For de indre planeter Venus og Merkur kan man udlede en tilsvarende formel, som er angivet i formelsamlingen. Udledningen overlades til læseren.

4 Sfæriske koordinatsystemer

Når man skal katalogisere stjerner, er det nødvendigt at definere hvor på himmelen, de befinder sig. Dertil er konstrueret en mængde forskellige koordinatsystemer, som alle har deres svagheder og styrker. Vi vil her nøjes med at betragte 3 typer – horisontsystemet, ækvatorealsystemet samt det ekliptiske koordinatsystem, eftersom de er gode til at beskrive placeringerne af stjerner, planeter og andre mulige observerbare objekter til et givet tidspunkt.

4.1 Termer

Som nævnt i afsnit 3 afhænger den synlige stjernehimmel af, hvor man står. En observatørs udsyn begrænses jo af jordoverfladen. Se figur 18. Som figuren viser, er der række specielle navne tilknyttet koordinatsystemerne. Man har *stjernesfæren*, også kaldet *den celeste sfære*, som er en imaginær kuppel, hvorpå man forestiller sig, at alle stjernerne er påklisset.



Zenith er punktet lodret over ens hoved – dvs. zenith ligger relativt til observatøren og er altså ikke et absolut sted på himmelen. Modstykket til zenith kaldes *nadir*. (Punktet under ens fødder.)

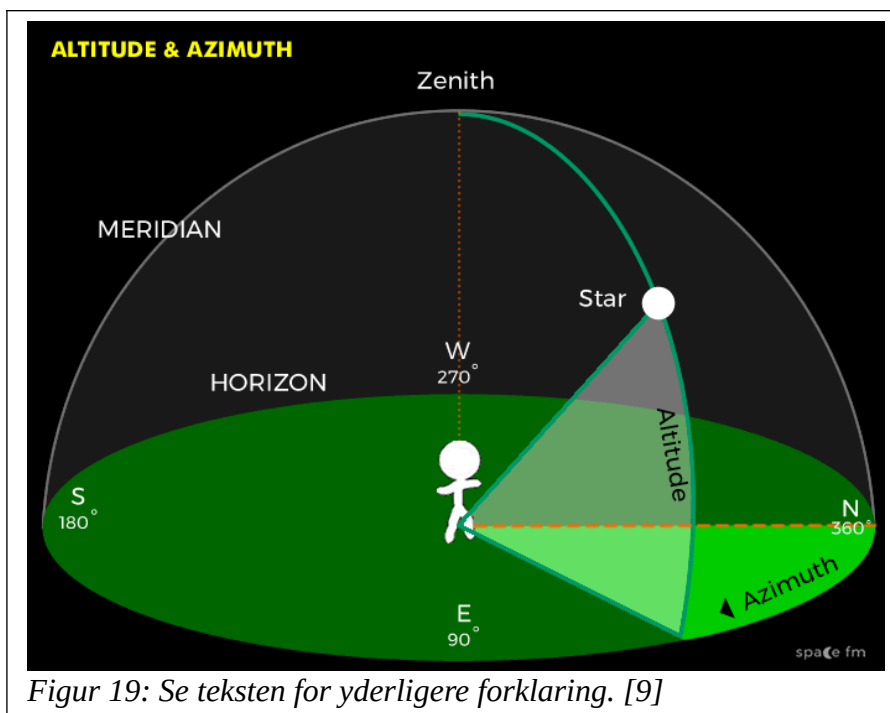
Meridianen er den cirkel, som går gennem Nord-syd-retningerne og zenith. Den er nem at finde på himmelen; man skal først finde Nordstjernen, og derefter markere en cirkel gennem denne og punktet lodret over ens hoved.

Himmelens ækvator er Jordens ækvator projiceret ud på stjernesfæren, og *forårspunktet* er det sted på stjernesfæren, hvor Solens bane skærer himmelens ækvator ved forårsjævndøgn, set fra den nordlige halvkugle.

4.2 Horisontsystemet

Horisontsystemet er et koordinatsystem, der kan bruges til at finde ud af, hvilke stjerner, der er oppe på den aktuelle nattehimmel. Eftersom Jorden roterer, betyder det at stjernernes koordinater varierer. Dette er en uundgåelig ulempe ved systemet.

Betragt figur 19. Stjernesfæren er begrænset af horisontplanet. En stjerne befinder sig på stjernesfæren og dens koordinater er angivet ved 2 vinkler, *azimutten* og *højden*.

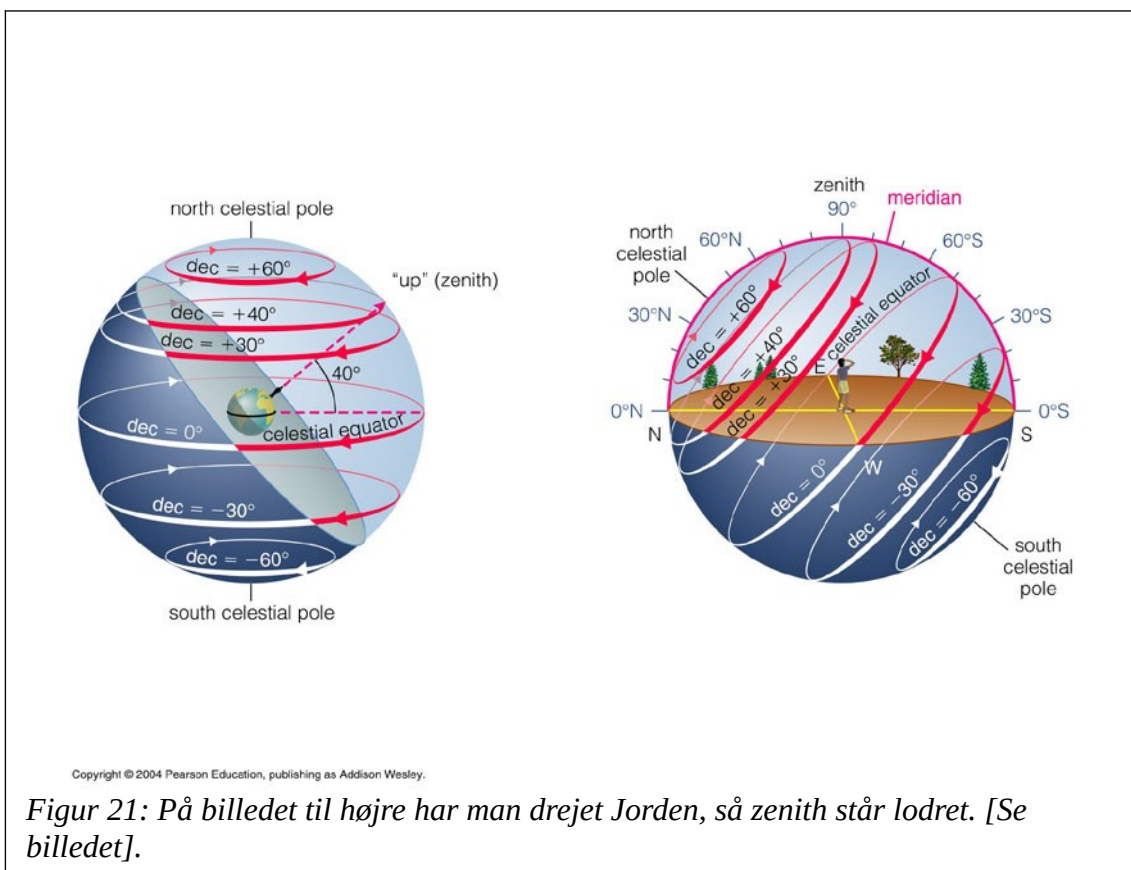
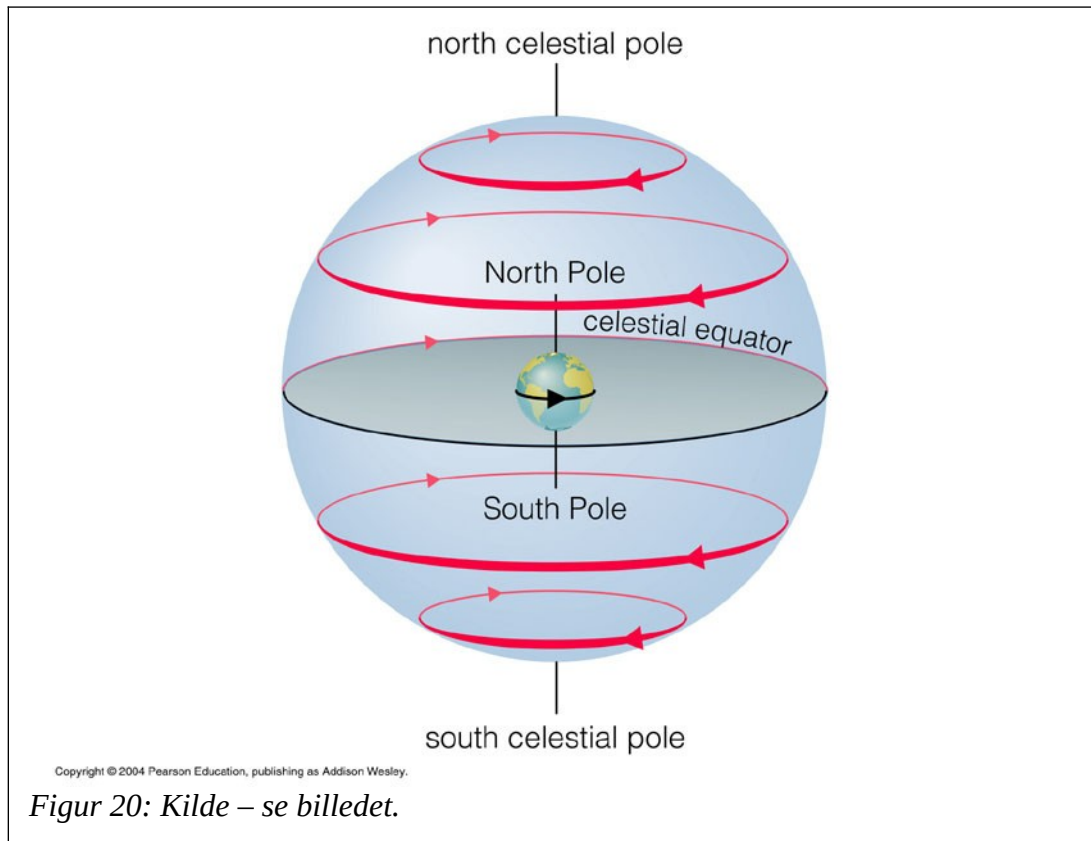


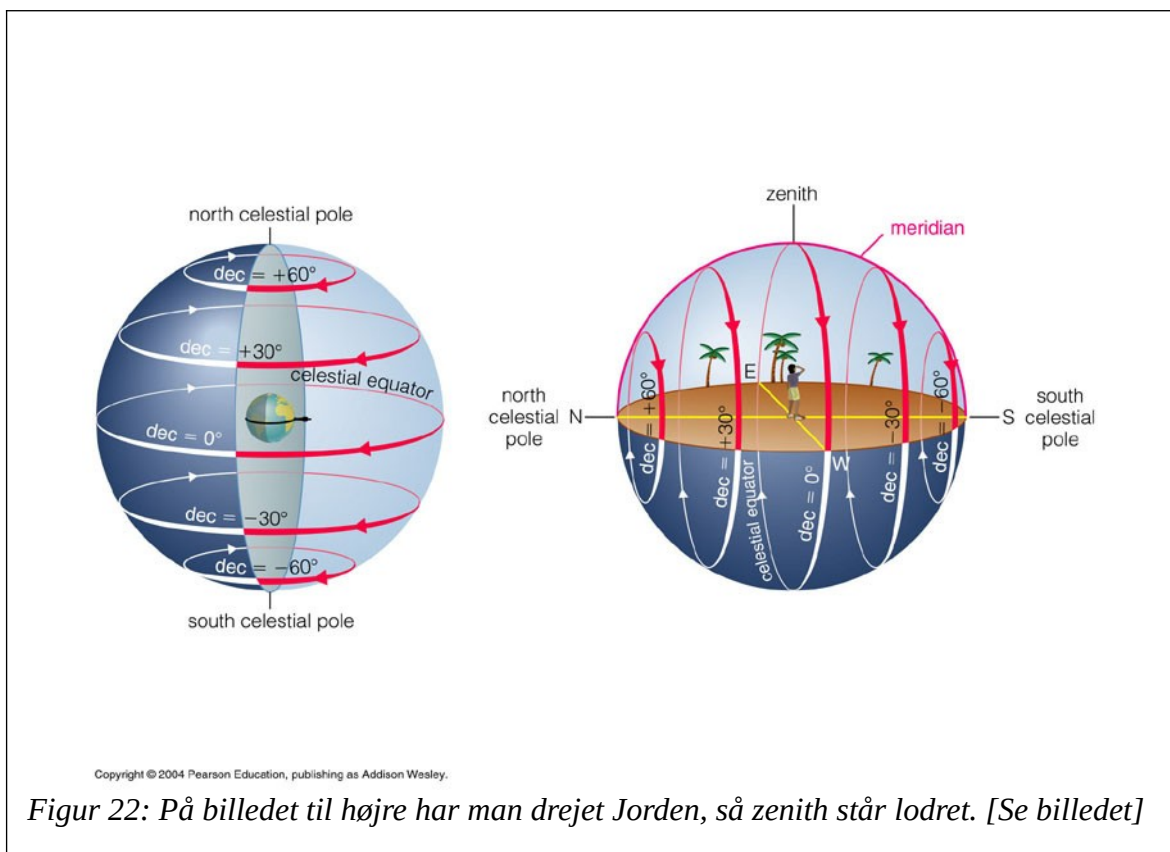
Figur 19: Se teksten for yderligere forklaring. [9]

Azimutten, *Az*, måles langs horisontlinjen. Vinklen måles fra nord men nogle vælger syd som begyndelsespunkt! I øst er vinklen 90° , i syd er den 180° og i vest er den 270° . *Højden*, *h*, (eller *altituden*) måles som *vinklen* mellem horisonten og stjernen.

Hvis en stjerne/planet eller lignende skal være observerbar, er det altså nødvendigt, at stjernen på det ønskede observationstidspunkt har en højde, der er et stykke over 0° , og at Solens højde samtidig er mindre end 0° .

I figurerne 20-22 er vist hvordan stjernesfæren ser ud i forhold til observationsstedet ved 3 breddegrader. (Observatør på Nordpolen, ved ca. 48° N samt på ækvator.)

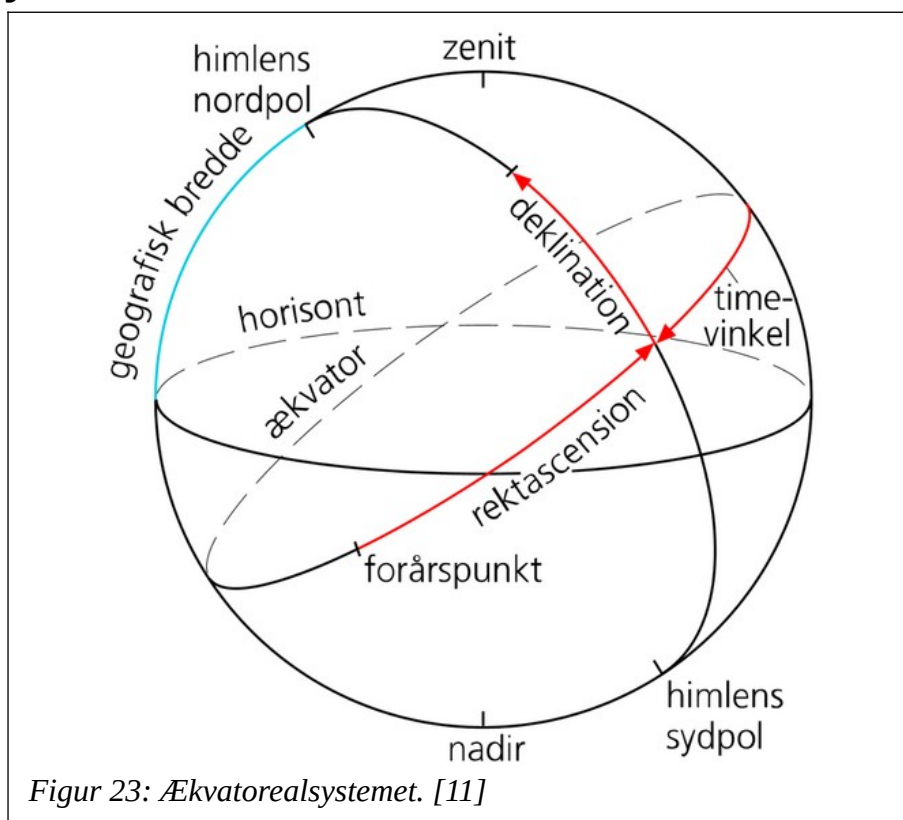




4.3 Ækvatorealsystemet

Ækvatorealsystemet er det system, der mest ligner det almindelige koordinatsystem, som vi bruger her på jordoverfladen. Det er nemlig i store træk Jordens længde- og breddegradssystem, som er projiceret ud på stjernesfæren.

Ækvatorlinjen hedder som nævnt ovenfor *Himmels ækvator* eller *den celeste ækvator*. Nordpolen ligger i samme retning som vores egen nordpol, dvs. (næsten) i retning af Nordstjernen.



Man måler stjernernes (og andre himmel-legemers) koordinater som en længde- og breddegrad.

Af historiske grunde er enhederne for ækvatoreale koordinater angivet i tidsmål for første vinkel og grader, bueminutter og buesekunder for den anden vinkel. Vinklen langs himmelens ækvator kaldes *rektascensionen*, og vinklen vinkelret herpå kaldes *deklinationen*. Man benytter forkortelserne (RA , δ) eller (α, δ) .

Deklinationen måles altså *fra* himmelens ækvator (positive grader mod nord) og længdegraden (rektascension) måles *på* himmelens ækvator. Nulpunktet for rektascension har man defineret til at ligge i *forårspunktet*, altså det ene skæringspunkt mellem ekliptika og himmelens ækvator. Man har ligeledes vedtaget, at den positive retning for rektascension går *mod uret*. Se figur 23.

Dette koordinatsystem har den fordel, at stjernernes koordinater er konstante, så de er nemme at katalogisere, dvs. de er *næsten* konstante. Pga. fænomenet *præcession* varierer de alligevel en smule. (Se afsnit 5.1.)

Ulempen er, at man ikke umiddelbart får nogen information, om det er muligt at observere himmellegemet til et givet tidspunkt, men heldigvis behøver man ikke fortvivle af den grund. Stjerne kortet, som beskrives i afsnit 5, eller Stellarium kan hjælpe en med at finde egnede kandidater til en observationsaften.

4.3.1 Vinkelangivelser

Når man skal angive et koordinatsæt (α, δ) for en stjerne – for eksempel Betelgeuse i Orion (også kaldet α Ori) skrives det som $(5^h 55^m 11,9^s; +7^\circ 24' 26'')$. Denne besværlige skrivemåde stammer helt tilbage fra Babylons 60-talssystem. Metoden fungerer dog, og derfor er formen på koordinaterne ikke blevet lavet om siden. Man kan omregne tallene til decimaltal, og det er vist nedenfor.

Rektascensionen

Forestil dig den himmelske ækvator som en urskive, der går fra 0 til 24 timer. Hele omkredsen svarer til 360° . Dvs. koordinaten $5^h 55^m 11,9^s$, som læses ”5 timer, 55 minutter og 11,9 sekunder” svarer til ca. $\frac{1}{4}$ omgang rundt om himmelens ækvator regnet fra forårspunktet. I decimaltal er vinklen

$$\alpha = \frac{(5 + 55/60 + 11,9/3600)^h}{24^h} \cdot 360^\circ = 88,799583^\circ$$

Bemærk at 1^h svarer til 15° , 1^m svarer til $15/60^\circ$ og 1^s svarer til $15/3600^\circ$. (Prøv selv at vise disse sammenhænge.)

Deklinationen

Her har vi en halv skive, der altså udspænder 180° . Koordinaten for Betelgeuses deklination skrives som $+7^\circ 24' 26''$, hvilket læses som ”Plus 7 grader, 24 bueminutter, og 26 buesekunder”. Et bueminut er defineret som $1' = 1/60^\circ$ og et buesekund er defineret som $1'' = 1/3600^\circ = 1/60'$. Dvs. vi får, at Betelgeuses vinkel $\delta = 7^\circ + 24/60^\circ + 26/3600^\circ = 7,4072^\circ$.

Overvej selv hvordan man regner tilbage fra $88,79958^\circ$ til $5^h 55^m 11,9^s$ og fra $7,4072^\circ$ til $+7^\circ 24' 26''$.

4.4 Ekliptikasystemet

Det sidste koordinatsystem, vi kort vil omtale her, er ekliptikasystemet. Som navnet antyder, er dette system defineret af ekliptika, og dermed er det meget anvendeligt til at beskrive objekter i Solsystemet. *Ekliptisk længdegrad*, λ , defineres på ekliptikacirklen, startende i forårspunktet og med positiv omløbsretning mod uret. (Nord peger vinkelret på ekliptika og ligger sådan, at det næsten ligger i vores nord.) *Ekliptisk breddegrad*, β , defineres som vinklen vinkelret på ekliptika, med positiv retning mod nord. Mht. vinkelangivelser angiver man i dette koordinatsystem vinklerne på samme måde som for deklination i ækvatorsystemet. For eksempel er Merkurs koordinater den 1/9-2026 (λ, β) = (173° 25' 55,9''; 5° 44' 12,1''). Prøv selv at omregne til decimaltal.

4.5 Matematisk sammenhæng mellem de forskellige koordinatsystemer

Hvis man har koordinaterne til et objekt i ét koordinatsystem, kan man bestemme koordinaterne i et vilkårligt andet system. Herunder er anført sammenhængen mellem forskellige typer koordinater. Der er nok ingen astronomi C-elev, der vil bruge dem, men de er inkluderet her, så den særligt interesserede person, har dem ved hånden.

Nedenfor er vinklen $\varepsilon = 23^\circ 26' 21'' = 23,4392^\circ$, som er vinklen mellem ekliptika og det himmelske ækvatorplan. Denne vinkel ændres i øvrigt med $-0,47''$ pr. århundrede efter 2010.

4.5.1 Fra ækvatoreale- til horisont koordinater: $(\alpha, \delta) \rightarrow (Az, h)$

Bemærk her kræves også observationsstedets breddegrad, φ , samt det sideriske tidspunkt, $\mathcal{J}$. (Stjernetiden.)

$$\begin{aligned}\sin(h) &= \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\mathcal{J} - \alpha) + \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) \\ \cos(h) \cdot \cos(Az) &= \cos(\mathcal{J} - \alpha) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\varphi) - \cos(\varphi) \cdot \sin(\delta) \\ \cos(h) \cdot \sin(Az) &= \cos(\delta) \cdot \sin(\mathcal{J} - \alpha)\end{aligned}$$

4.5.2 Fra horisont- til ækvatoreale koordinater: $(Az, h) \rightarrow (\alpha, \delta)$.

$$\begin{aligned}\sin(\delta) &= \cos(\varphi) \cdot \cos(h) \cdot \cos(Az) + \sin(\varphi) \cdot \sin(h) \\ \cos(\delta) \cdot \cos(\mathcal{J} - \alpha) &= \cos(Az) \cdot \cos(h) \cdot \sin(\varphi) - \cos(\varphi) \cdot \sin(h) \\ \cos(\delta) \cdot \sin(\mathcal{J} - \alpha) &= \cos(h) \cdot \sin(Az)\end{aligned}$$

4.5.3 Fra ækvatoreale- til ekliptikale koordinater. $(\alpha, \delta) \rightarrow (\lambda, \beta)$.

$$\begin{aligned}\sin(\beta) &= -\sin(\varepsilon) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\alpha) + \cos(\varepsilon) \cdot \sin(\delta) \\ \cos(\beta) \cdot \sin(\lambda) &= \cos(\varepsilon) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\alpha) + \sin(\varepsilon) \cdot \sin(\delta) \\ \cos(\beta) \cdot \cos(\lambda) &= \cos(\delta) \cdot \cos(\alpha)\end{aligned}$$

4.5.4 Fra ekliptikale- til ækvatoreale koordinater. $(\lambda, \beta) \rightarrow (\alpha, \delta)$.

$$\begin{aligned}\sin(\delta) &= \sin(\varepsilon) \cdot \cos(\beta) \cdot \sin(\lambda) + \cos(\varepsilon) \cdot \sin(\beta) \\ \cos(\delta) \cdot \sin(\alpha) &= \cos(\varepsilon) \cdot \cos(\beta) \cdot \sin(\lambda) + \sin(\varepsilon) \cdot \sin(\beta) \\ \cos(\delta) \cdot \cos(\alpha) &= \cos(\beta) \cdot \cos(\lambda)\end{aligned}$$

4.5.5 Beregning af det sideriske tidspunkt

Ovenfor kræves, at man kender det sideriske tidspunkt for en given observation. Det er en større omgang at beregne det sideriske tidspunkt, men for fuldstændighedens skyld vises nedenfor, hvordan man gør. (Man kan overveje om ikke, det kunne være smart at konstruere et lille program til at beregne sideriske tidspunkter. Dette overlades til læseren.)

1. Lav den lokale tid om til *Universel tid*, *UT*, dvs. tiden i London. Om vinteren skal man fratrække 1 time, og om sommeren skal man fratrække 2 timer, hvis man bor i Danmark.
2. Beregn *solintervallet* som er tiden fra kl. 0 UT til det pågældende tidspunkt. Konverter solintervallet til et *siderisk solinterval*, *SUT*. Dette gøres ved at gange antallet af sideriske minutter i et middelsoldøgn og derefter dividere med antallet af almindelige minutter. Faktoren er altså $1443,9425/1440$.
3. Adder det sideriske solinterval, *SUT*, med det sideriske klokkeslæt kl. 0 UT. Det sideriske klokkeslæt kl. 0 UT kan for eksempel findes ved opslag i *Astronomical Almanac*. Nu har du beregnet det *Greenwich Siderisk Tid*, *GST*.
4. Endelig skal *GST* omregnes til *Lokal Siderisk Tid*, *LST*. Dette gøres ved at addere lokalitetens længdegrad, hvis man bor øst for Greenwich. Bor man vest for Greenwich skal længdegraden fratrækkes. (Her skal man erindre sig at 15° i længdegrad svarer til 1^h i tidsmål. ($360^\circ \sim 24^h$.)

Eksempel:

Lad os finde det lokale sideriske tidspunkt, *LST*, den 27/9-2000 kl. 21:50 i Vejle. Vejles koordinater er $55^\circ 43' N$, $9^\circ 30' E$. Ved at følge punkt 1-4 ovenfor fås:

$UT = 21:50 - 2 = 19:50$. (Der er stadigvæk sommertid i september. Derfor fratrækkes 2 timer.)

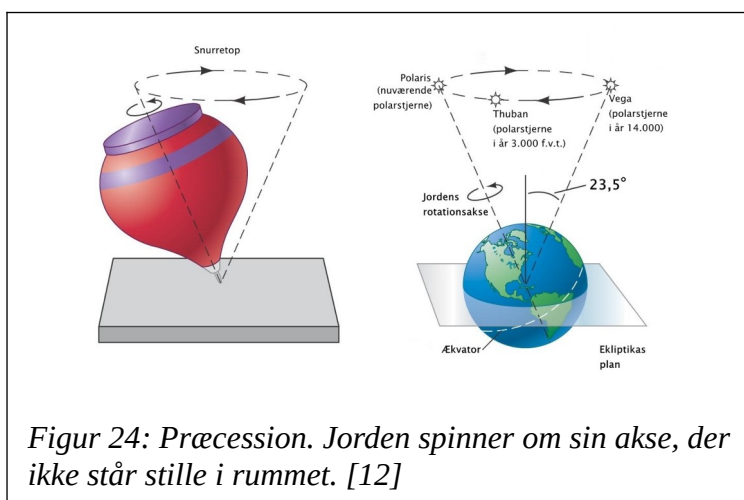
$SUT = (19 + 50/60)^h \cdot 1443,9425/1440 = 19,88763396991^h$

$GST = 19,88763396991^h + ST\ 0^h\ UT = 19,88763396991^h + 0^h\ 24^m\ 21,2149^s = 20,2935269976878^h$ ($ST\ 0^h\ UT$ er slået op i Almanakken på side B13.)

$LST = GST + (9^\circ 30')/(15^\circ/h) = 20,92686033102113^h = 20^h\ 55^m\ 37^s$.

5 Stjernekortet og dets anvendelser

Hvilke himmellegemer kan man se på en given observationsaften? Det er vel det første spørgsmål, man stiller sig, ved planlægningen. Man kan finde himmellegemets koordinater i en almanak eller i et computerprogram, og så kan man omregne koordinaterne til horisontsystemets koordinater. (Se ovenfor.) Oftest er det dog lettere at anvende sit stjernekort og på den måde danne sig et overblik over situationen. Som navnet antyder, er kortet anvendeligt til at finde stjerner i en fart, både mht. at finde egnede observationskandidater, men også til rent faktisk at finde dem på nattehimmelen.



Figur 24: Præcession. Jorden spinner om sin akse, der ikke står stille i rummet. [12]

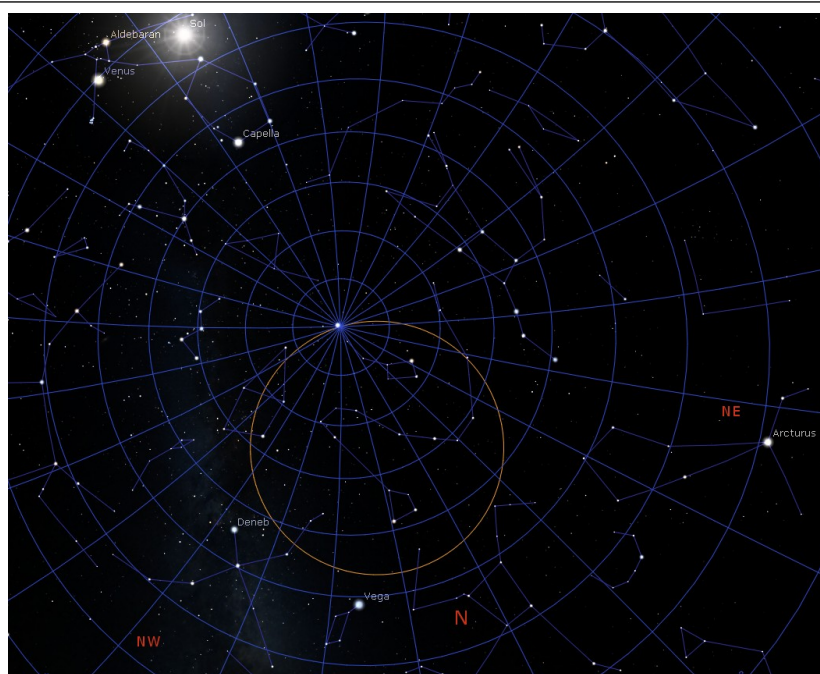
Betragt figur 26. Figuren viser, hvordan et stjernekort ser ud. Det består af en papskive, hvorpå der er påtrykt en masse stjerner, hvis luminositet (lysstyrke) er angivet ved størrelsen af pletten. Derudover er der tegnet to cirkler – en stiplede, der viser hvordan Solens tilsyneladende årlige

bevægelse ser ud på himmelen, dvs. den stiplede cirkel repræsenterer ekliptika og en fast cirkel, der viser himmelens ækvator. De to cirkler skærer hinanden i forårspunktet, Υ , og efterårspunktet, som er de to punkter, hvor Solen befinder sig til henholdsvis forårsjævndøgn og efterårsjævndøgn.

5.1 Præcession

Forårspunktet er det punkt, hvor længdegraderne rektascension og ekliptisk længdegrad måles ud fra. Dette punkt lå engang i stjernebilledet *Aries* (vædderen) og derfor er punktet angivet ved samme symbol som vædderens: Υ . Eftersom Jord-Sol-systemet ikke er gravitationelt isoleret, bevæger forårspunktet sig (Jordens rotationsakse flytter sig), og da vores koordinatsystemer afhænger af dette punkt, vil et objekts koordinater ændres som funktion af tiden. Man angiver derfor ofte koordinater med et index, der viser det år (*epoken* hedder det), som koordinatsystemet gælder for. I praksis er ændringerne ganske små⁴, så man nøjes med at angive koordinater for epokerne 1900, 1950 eller 2000. I 1950 lå forårspunktet definitions-mæssigt på koordinaterne $(0^h, 0^\circ)_{1950}$, men hvis vi måler forårspunktets placering i år 2000 $(0^h, 0^\circ)_{2000}$ med 1950-koordinater vil koordinatsættet være $(359^h 21^m 34,1^s; -0^\circ 16' 42,2'')_{1950}$. [13]

Fænomenet at Jordens rotationsakse ikke hele tiden peger i samme retning, kaldes for *rotationsaksens præcession*, og præcessionen kommer af, at Månen og Solen rykker i Jorden, samt at de øvrige planeter også gør det. På figur 24 ser man, at Jorden spinner om rotationsaksen, der tilfældigvis i dag nærmest peger mod Nordstjernen. Men over en periode på 25800 år vil aksen foretage et totalt cirkulært omløb. Se figur 25. Hvis man kigger på rotationsaksen i detaljer vil man se, at aksen faktisk oscillerer (vibrerer) omkring en cirkulær bevægelse. Det skyldes, at Månens bane hælder i forhold til ekliptika, og at banen også er en ellipse. Denne effekt kaldes *nutationen*.



Figur 25: Rotationsaksens placering på himmelen gennem et totalt omløb. Perioden er ca. 25800 år. I øjeblikket peger aksen næsten imod Polaris. (Nordstjernen.) [4]

Eftersom præcessionen altså er ganske lille, vil et stjernekort sagtens kunne bruges i hele dets levetid.

⁴ Man kan omregne koordinater mellem forskellige epoker her: https://lambda.gsfc.nasa.gov/toolbox/conv_coordinate.cgi

5.2 Anvendelsen af stjernekortet

Betragt stjernekortet på figur 26. Yderst på **papskiven** findes en koordinatcirkel for rektascensionen. Derefter kommer en angivelse af måneden og endelig datoen. På randen af **plastikskiven** findes en tidscirkel. Hvis man for eksempel vil observere den 5. november kl. 20:30 skal man først dreje plastikskiven, så klokkeslættet på plastikskiven står direkte ud for datoen. Den synlige nattehimmel kan så ses gennem plastikskivens gennemsigtige del.

På plastikskiven er verdenshjørnerne angivet. Hvis man gerne vil kigge mod syd, skal man holde kortet, så markeringen 'syd' står nederst på kortet.

På kortet kan man se, at forårspunktet i dette tilfælde næsten peger stik syd, og man kan ved at dreje skiven lidt til siderne overbevise sig selv om, at punktet står højest på himmelen kl. 21:10 den pågældende dag. Vi siger, at punktet kulminerer. Ved kulmination skærer punktet meridianen, som er den cirkel, der går fra nord til syd gennem zenith – markeret med et Z.

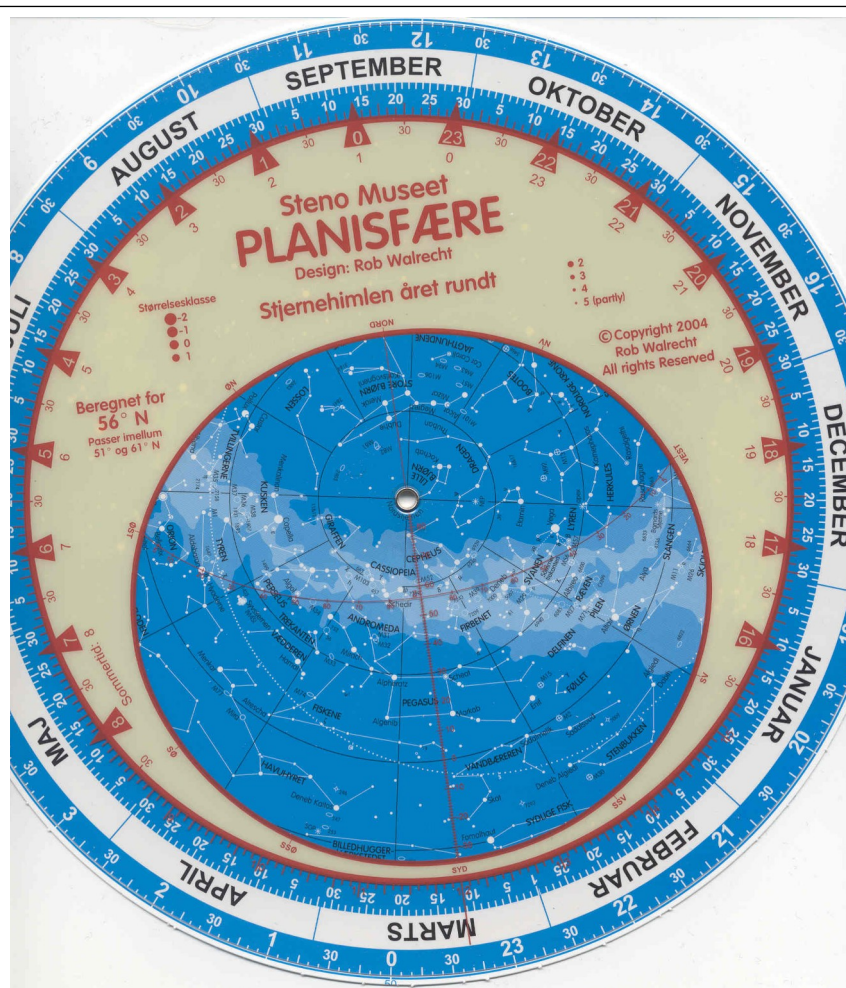
Vi ser, at Pegasus ligger ca. 55° over horisonten, og at deklinationen for dette stjernebillede er omtrent 20° . Ligeledes ses, at Stenbukken er ved at gå ned i syd-vest, og Orion er ved at stå op i øst. Tvillingerne er lige kommet op i nord-øst.

Vi kan også på den stiplede cirkel se, at Solen står i Vægten. (Drej plastikskiven for at forvisse dig om det.)

Vendes kortet om ser man, at Store Bjørn ligger omtrent 30° over horisonten, og Polaris ligger lige midt i nitten, der fæstner plastikskiven til papskiven. (Hvorfor mon?)

5.2.1 Øvelse – Solens opgangs- og nedgangstider

Prøv at bruge kortet til at finde ud af hvornår Solen står op og går ned den 3/11. Lav det samme for 15. juni.



Figur 26: Stjernekort fremstillet af Rob Walrecht.

5.2.2 Øvelse - Algol

Øvelse: Anbring stjernekortet så meridianen skærer Algol, som ligger i Perseus. Læg mærke til at stjernen står i meridianen den 9/12 kl. 22:00.

- Hvilket klokkeslæt ligger Algol igen på meridianen den 25/12?
- Beregn det (tropiske) tidsrum mellem 9/12 kl. 22:00 og svaret fra spørgsmål a. (Angiv resultatet i timer, minutter og sekunder samt i decimaltal.)
- Algol står jo på samme position, så der er gået et helt antal sideriske døgn. Hvor mange?
- Beregn længden af det sideriske døgn.

6 Nære astronomiske fænomener

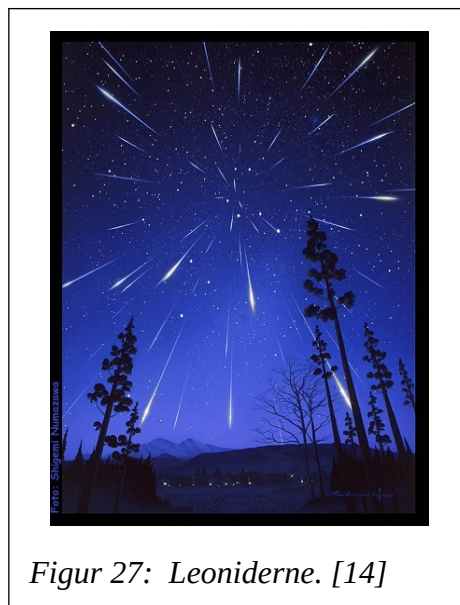
Foruden at betragte stjernerne og planeterne på himmelen, findes der fænomener, som er ganske kortvarige eller relativt kortvarige, men for nogles vedkommende dog periodiske. For eksempel findes der stjerneskud, meteorsværme, formørkelser og kometfremkomster. Nedenfor vil nogle af fænomenerne blive beskrevet.

6.1 Stjerneskud

Når partikler (fra støvkorn til store sten - kaldet *meteorider*) entrer Ionosfæren, som strækker sig fra ca. 80 kilometers højde over jordoverfladen og opefter, vil friktionen mellem den tynde luft og partiklen give anledning til en så kraftig gnidning, at partiklen begynder at gløde, og luften omkring meteoritten vil udsende lys. Vi ser fænomenet som et stjerneskud – også kaldet en *meteor*.

Sammensætningen af meteorider eller *meteoritter*, som de sten, der klarer vejen ned til jordoverfladen kaldes, kan variere ganske meget. Nogle er lavet af sten, andre af jern/nikkel og atter andre indeholder organiske materialer som for eksempel kul. (Kulkondritter indeholder f.eks. ca. 2-3 % kul.) Figur 28 viser eksempler på forskellige slags meteorsten.

Som nævnt ovenfor kaldes partikler, der kan fortsætte helt ned til Jordoverfladen for meteoritter. Meteoritten kan falde ned til jordoverfladen i ét stykke, eller den kan blive opvarmet så meget, at den eksploderer i mindre stykker, som så rammer overfladen. (Hvis legemerne, der entrer atmosfæren er større end nogle hundrede meter, kaldes de ikke for meteorider men for *asteroider*.)



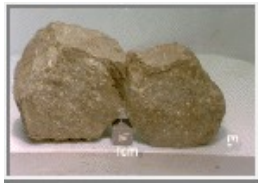
Figur 27: Leoniderne. [14]

12/13. august.	Maksimum for Perseiderne.
21. oktober.	Maksimum for Orioniderne.
5. november.	Maksimum for Tauriderne.
17/18. november.	Maksimum for Leoniderne.
14. december.	Maksimum for Geminiderne.

Tabel 3: Datoer for stjerneskudssværme. [16]

Stjerneskuddene kan komme som enkeltstående fænomener, dvs. man kan hver eneste aften være heldig at se et stjerneskud eller to, men de kan også komme i stimer på bestemte tider på året. For eksempel findes der hvert år omkring 12. august en sværm, som tilsyneladende udspringer fra stjernebilledet Perseus. Derfor kaldes sværmen for *Perseiderne*. I

virkeligheden har sværmen ikke meget med Perseus at gøre. Sværmen opstår, fordi Jordens bane krydser kometen Swift-Tuttles bane. Kometer afleverer støv, småsten og gas i deres baner, når de er så tæt på Solen, at de bliver varmet tilstrækkeligt op, og derved vil partiklerne støde ind i Jordens atmosfære, hver gang Jordens- og kometens baner krydser.



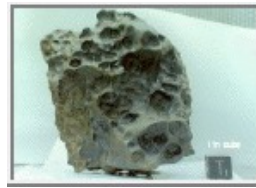
A) Chondrit fundet ved Allan Hills i Antarktis.

Chondriten er dannet sammen med Solsystemet og er dermed ca. 4,55 milliarder år gammel.



B) Achondrit, som består af basaltisk materiale, dvs. sten der er rig på jern og magnesium.

Achondritter er dannet omkring 4,5 milliarder år siden, da en asteroide smeltede.



C) Jernmeteorit fundet ved Derrick Peak, Antarktis.

Meteoritten er sandsynligvis fra kernen af en smadret asteroide.



D) Mars-meteorit fundet ved Elephant Moraine, Antarktis i 1979. Stenen indeholder iltlommer med samme sammensætning, som den Vikingsonderne målte på Mars.

Stenens sammensætning er den samme som den, man finder i Marsklipper. Stenen anslås til at være 180 millioner år gammel.

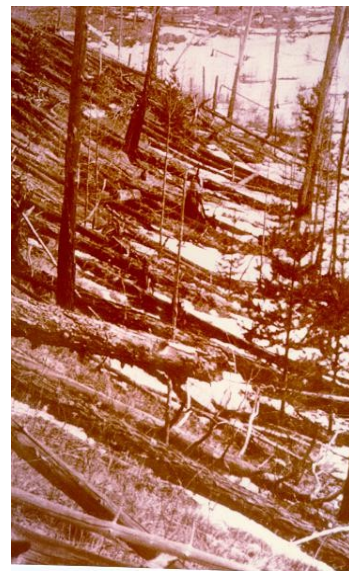
Figur 28: Eksempler på forskellige meteoritter. [15]

Der findes flere stjerneskudsstorme. *Leoniderne*, som stammer fra kometen Temple-Tuttle, kan ses omkring 18. november, hvis man kigger imod Løven. Se figur 27. Disse partikler har i øvrigt en fart på omkring 70 km/s. Se tabel 3 for datoer for andre meteorstorme.

6.1.1 Meteoritnedslag

Meteoritter lander oftest på Jorden i form af støv, idet meteoritten oftest forstøves fuldstændigt under faldet gennem atmosfæren, men der kan også forekomme eksplosioner i atmosfæren eller regulære nedslag på Jorden eller i havet. Disse nedslag kan lave ganske voldsomme følger på omgivelserne. Figur 29 viser resterne efter en atmosfærisk eksplosion af muligvis en kometrest over Tunguska (60° N, 101° E) den 30/6-1908. Der er intet krater i området, men et skovområde på størrelse med Fyn blev jævnet med jorden ved nedslaget. Ildhalen fra kometresten blev observeret til at være over 800 km lang og kometresten, som vejede i omegnen af 10^5 tons eksploderede i en serie af eksplosioner omkring 7 km over jordoverfladen. Eksplosionerne gav en anslået energiudladning på mellem 10 og 30 Mton TNT, og disse brag kunne høres over 800 km væk.

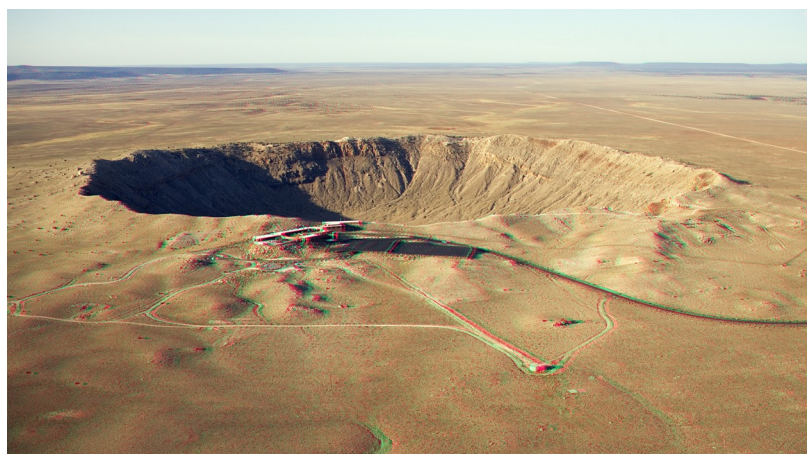
Figur 30 viser krateret fra en stenmeteorit, der slog ned mellem Flagstaff og Winslow i Arizona for ca. 49000 år siden. Krateret, som hedder Barringerkrateret, er omtrent 200 meter dybt og 1,186 km i diameter. Naturligvis er det usundt at befinde sig på selve kraterstedet ved sådan et nedslag, men det er også farligt at befinde sig i omegnen af et nedslag. På grund af varmeudviklingen ved nedslaget (omdannelse af kinetisk energi til varmeenergi) dannes en kraftig varme- og trykbølge, som udbreder sig flere km væk fra selve krateret. Chokbølgerne udbredelse afhænger naturligvis af meteorittens størrelse, indfaldshastighed og



Figur 29: Tunguska i 1908 kort tid efter kometnedslaget. Se flere flotte billeder i kilden. [17]

meteoritsammensætning, men det kan for sten med diametre over nogle få meter sammenlignes med den energiudladning, som selv store a-bomber leverer.

Lander en asteoride eller en stor meteorit i havet, er det stadigvæk en farlig begivenhed. I grelle tilfælde kan der dannes flodbølger, som kan oversvømme store områder, og der kastes støv og andre partikler op i atmosfæren, som skygger for Solens lys. Dermed risikerer man en såkaldt atomvinter⁵, hvor temperaturen falder og afgrøder dør, så livet stresses derfor ganske meget ved et stort nedslag.



Figur 30: Barringer-krateret i Arizona. [18]

Den mest berømte teori om dinosaurernes uddøen, inddrager det store meteoritnedslag ved Yukatan-halvøen for ca. 65 millioner år siden. Der er fundet irridium i fiskeleret på bl. a. Stevns Klint, og irridium kommer enten fra Jordens kerne eller fra rummet. Man har fundet et 180 km stort krater i havbunden ved Yukatanhalvøen, så nedslaget er ihvertfald rigtigt nok - faktisk er det muligvis det største nedslag, de 4 stenplaneter har modtaget inden for den seneste milliard år. Men nedslaget, som givetvis har ændret i Jordens liv, har måske ikke været den eneste kilde til at udslutte dinosaurerne. Og hvorfor døde alle dyrearter ikke?

Dinosaurernes uddøen kræver en teori, der opfylder observationerne noget bedre end meteoritteorien gør. En konkurrerende teori går kort fortalt ud på, at en serie store vulkanudbrud omkring Madagaskar⁶ har sendt enorme mængder støv og gasser såsom CO₂, SO₂ samt Sb, As og Se ud i atmosfæren. CO₂-gassen har bevirket en stærkt forøget drivhuseffekt, mens støvet og SO₂-gassen har givet den modsatte effekt. Alt i alt har støvet og svovldioxiden i første omgang sørget for en afkøling af Jordens klima, og efter at støvet og svovlet blev skyllet ud, har den store koncentration af kuldioxid sørget for en efterfølgende opvarmning. Dvs. livet skulle først tilpasse sig en kraftig afkøling i løbet af nogle få år for derefter at skulle tilpasse sig en opvarmning.

Det har stresset livsbetingelserne kraftigt. Ydermere har selen (Se) ved indtagelse den virkning, at æg ikke klækkes så let - det resulterer i rådne æg og dermed går reproduktionen i stå eller bliver så begrænset, at andre arter kan udkonkurrere æglæggere. Udgravninger i Frankrig viser, at landlevende dinosaurer muligvis uddøde 300 000 år tidligere end havdyrene - som i øvrigt ikke alle døde. Vi har jo stadigvæk skildpadder, hajer og (saltvands)krokodiller. (De tre eksempler er dog ikke dinosaurer.)

Geologisk set er 300 000 år ikke meget, og derfor har det været svært at datere dinosaurernes uddøen præcist nok, men de nyeste metoder, udviklet af geologen Hans Jørgen Hansen, giver dateringer med en usikkerhed på ca. 5000 år. Derfor er der med rimelig sandsynlighed vist, at i hvert fald nogle arter af landdinosaurer uddøde omkring 300 000 år før meteoritnedslaget.⁷

5 Man kalder fænomenet en atomvinter, fordi forskere sammenligner følgerne fra et asteroidenedslag med følgerne af en atomkrig.

6 I dag ligger vulkanområdet ved Deccan Traps i Indien; pladetektonikken har flyttet det derop.

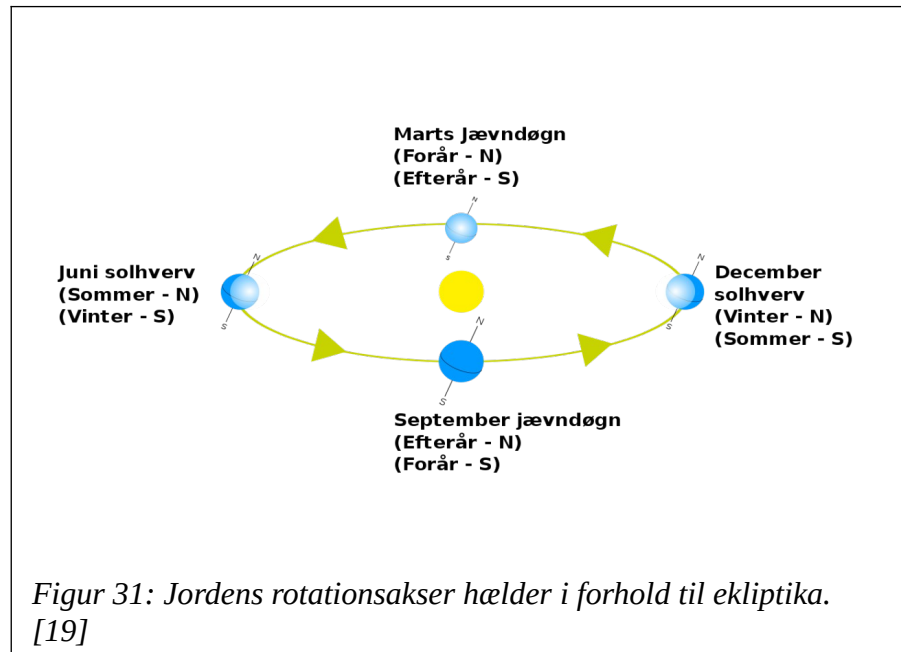
7 Hans Jørgen Hansens teori er stadigvæk kontroversiel. Således regner for eksempel Kaare Lund Rasmussen fra Nationalmuseet for C-14 datering, at asteroideteorien er den bedste teori.

Under alle omstændigheder er meteoritnedslag dog en risiko, som forskere over hele verden tager ganske seriøst - vi er blevet ramt før, og vi vil blive ramt igen. Spørgsmålet er bare, hvornår det sker, og om vi til den tid kan gøre noget for at forhindre menneskeheden i at uddø eller på mindre skala at forhindre byer i at blive udslettet. Derfor er der sat arbejde i gang til at finde så mange asteroider, småplaneter, kometer mv. som kredser om Jorden, som muligt, for at kunne have en tilstrækkelig tidshorisont til at træffe fornuftige forholdsregler.

6.2 Årstidernes vekslen

Læseren er selvfølgelig bekendt med, at vejret ændrer sig i løbet af året. Derimod kan det måske undre, *hvorfor* vejret varierer så meget.

Betragt figur 31. Af figuren fremgår det, at Jordens rotationsakse ikke peger vinkelret på ekliptika. Ekliptika er som tidligere nævnt det baneplan, som Jorden udspænder, når Jorden kredser omkring Solen. Dermed ligger ækvator og alle de andre klimabælter heller ikke parallelt med ekliptika.



Man ser eksempelvis, at når det er sommer i Danmark peger rotationsaksen ind mod Solen og omvendt, når det er vinter. Det betyder, at Solens stråler rammer mere direkte ind på jordoverfladen om sommeren, og dermed kan strålerne også lettere opvarme jorden, fordi strålingsintensiteten er størst her. Der er også flere lyse timer i sommerperioden, så overfladen opvarmes også i længere tid end om vinteren.

I opgave 7.1 vises det, at følgende relation gælder mellem den modtagne flux på jordoverfladen og indstrålingsvinklen:

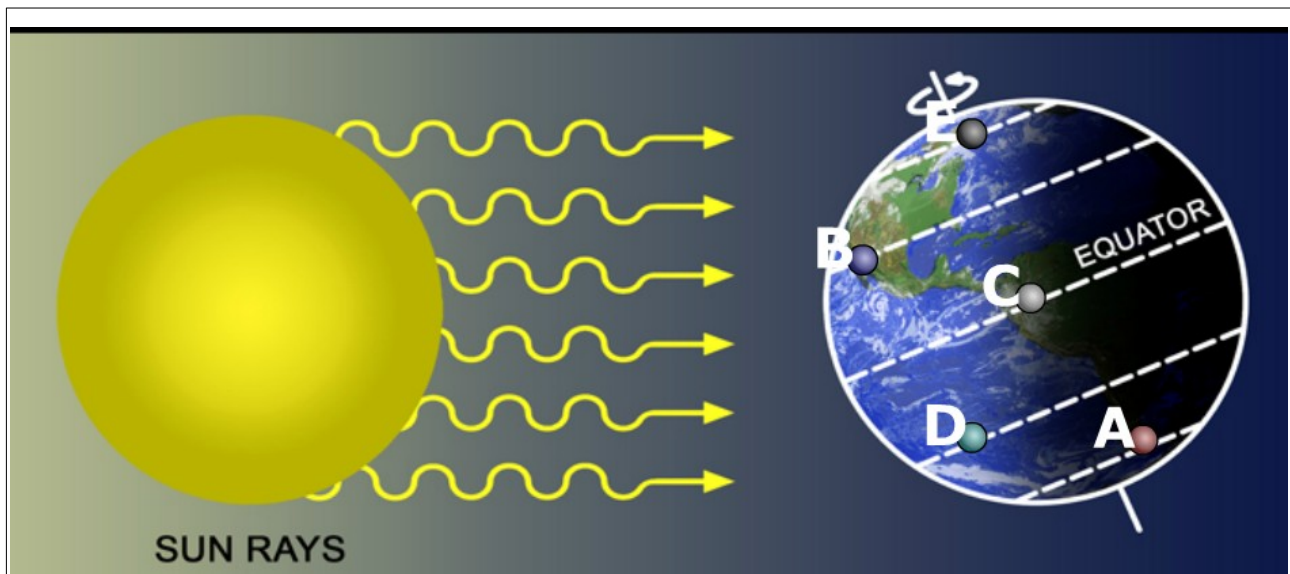
$$F = F_0 \cdot \sin(\alpha) \quad (2)$$

Ovenfor betyder F den indstrålede effekt pr. areal (udtales *fluxen*), $F_0 = 1000 \text{ W/m}^2$ er den flux, som rammer jordoverfladen, hvis Solen står lodret⁸ over en, og α er vinklen mellem solstrålerne og jordoverfladen. Eftersom Solen når højest på himmelen om sommeren, ser man altså at den modtagne flux er størst om sommeren - og naturligvis omkring middagstid for en given dag.

Pudsigt nok er Jorden tættest på Solen om *vinteren* set fra den nordlige halvkugle. Ændringen i afstanden mellem Jorden og Solen betyder altså ikke så meget som ændringen i indstrålingsvinklen.

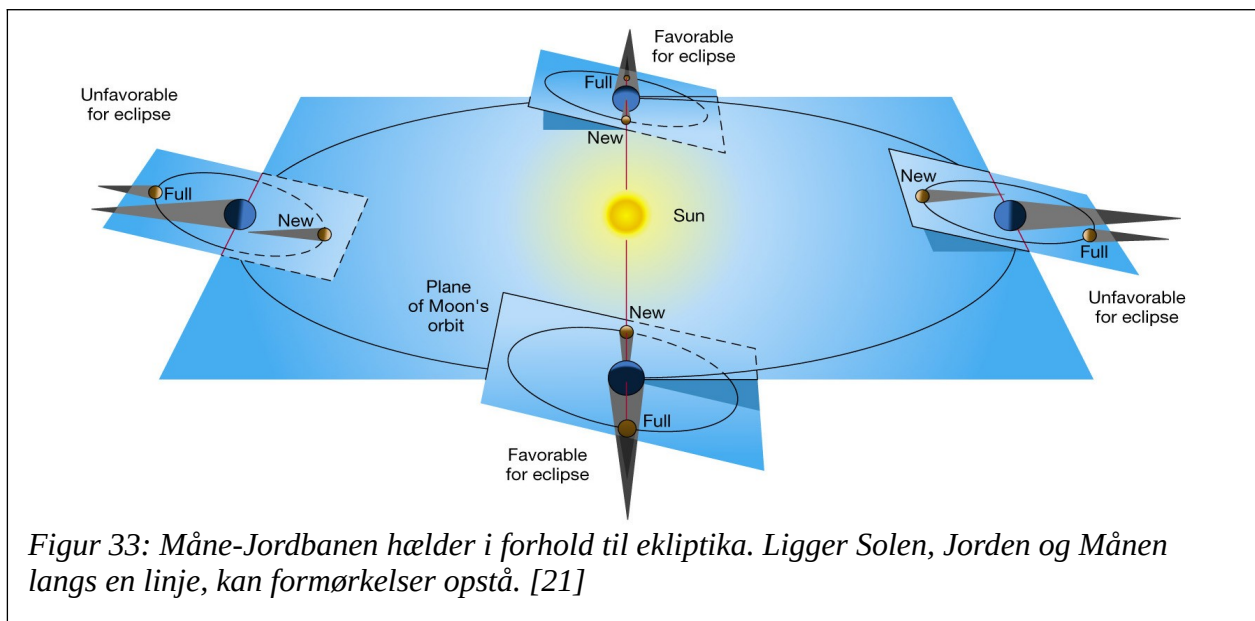
⁸ Indstrålingen er faktisk 1368 W/m^2 , men en del af strålingen spredes/absorberes i atmosfæren.

Der er endnu et bidrag til årstiderne – nemlig at antallet af lyse timer også bestemmes af rotationaksens retning i forhold til Solen. Det er vist på figur 32. Om sommeren vil man på den nordlige halvkugle have flere lyse timer end mørke timer, og omvendt på den sydlige halvkugle.



Figur 32: Bemærk at cirkelbuerne er mere oplyste end i mørke om sommeren. [20]

Foråret og efteråret burde altså efter ovenstående betragtninger være ret symmetriske begivenheder omkring jævndøgnene. At det ikke helt er sådan skyldes, at andre fænomener såsom havstrømme, vinde og lokale geografiske forhold som placering af land og hav også har en indvirkning på vejret.



6.3 Månefaser samt eklipser/formørkelser

På figur 33 er vist en model af Jorden, Månen og Solen. Som man kan se ligger måneplanet skråt i forhold til ekliptika. Vinklen imellem de to planer er $i = 5^{\circ} 09'$. Normalt vil Månen ikke ligge i skæringspunkterne mellem de 2 planer, og dermed vil Solen kunne oplyse Månens ene halvdel. Denne lysende del kan så ses fra Jorden. Det er vist rimeligt oplagt, at det er *nymåne*, når Månen står imellem Jorden og Solen – Månens oplyste halvdel peger jo væk fra Jorden. Hvis Jorden derimod står mellem Månen og Solen, vil hele Månens belyste halvdel kunne ses fra Jorden – det er *fuldmåne*. I første og tredje kvarter kan vi se nøjagtig en fjerdedel af Månens overflade, mens vi i de andre punkter kan se andre projektioner af Måneoverfladen.

Hvis vi betragter nymånen til et tidspunkt hvor Månen tilfældigvis ligger i skæringspunktet mellem planerne, vil den skygge for sollyset. Der vil ske en *solformørkelse*. Se figur 34. Dette fænomen sker oftere end måneformørkelser, men alligevel erfares det som et meget sjældent fænomen. Grunden er, at måneskyggen er ganske lille nede ved Jordoverfladen, kun omkring 200 km i diameter, og derfor vil kun en yderst begrænset flade på Jorden blive indhyllet i skygge; samtidigt farer skyggen hen over jordoverfladen, og derfor vil der kun være totalformørkelse i under ca. 7 minutter på et givet sted. Se figur 36.

Hvis vi omvendt betragter fuldmånen og den igen tilfældigvis ligger i skæringspunktet mellem de to baner, vil Jorden skygge for indstrålingen på Månen og derved opstår en *måneformørkelse*. Se figur 35. Dette fænomen er sjældnere end solformørkelser, men fordi Jordens kegleskygge er meget større end Månens, vil fænomenet vare i flere timer og alle mennesker, der kan se Månen, vil også kunne overvære formørkelsen.



Lige før totaliteten fremkommer 'diamanten.'



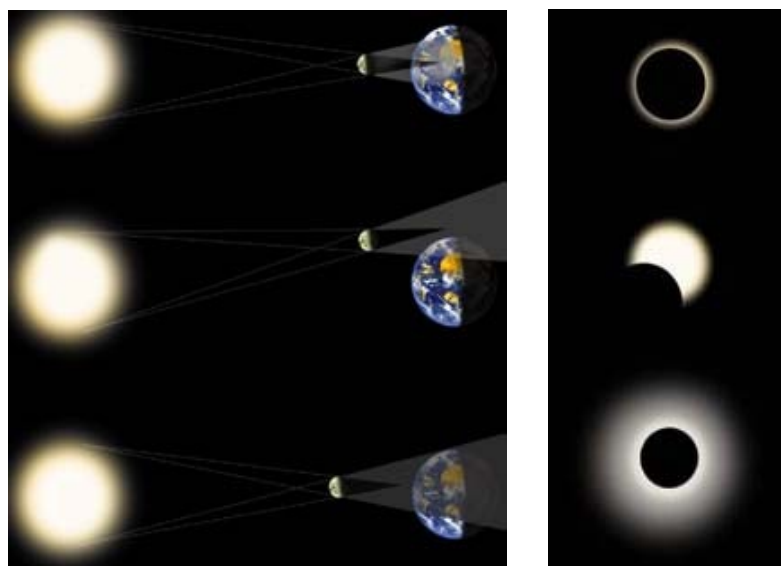
Figur 34: Totalitetsfasen. Bemærk koronaen. Solformørkelsen den 11/8-1999. Billeder taget af Philippe Duhoux, ESO, 10 km nord for Garching ved München. [22].

En måneformørkelse er synlig, fordi lidt af det røde sollys brydes i Jordens atmosfære, og det kan derved alligevel belyse Månen ganske svagt. Brydning af sollyset i Jordens atmosfære er farveafhængig, så andre farver end rødt, brydes ikke tilstrækkeligt til, at de kan ramme Månen.

Rækkefølgen af sol- og måneformørkelser er bestemt af den såkaldte *Saroscyklus*. Formørkelserne afhænger som bekendt af Månens placering i sin ellipsebane, som roterer – se afsnit 6.3.1. Eftersom 223 synodiske måneder er det samme som 242 drakonitiske måneder betyder det, at Månens fase og bane 'nulstilles' hver gang perioden gennemløbes, og derfor gentages formørkelsesmønsteret.



*Figur 35:
Måneformørkelsen den
21/1-2000 kl. 601 i
Sønderborg. [23]*



Figur 36: Bemærk Månens kegleskygge. Da månebanen er en tilnærmet ellipse, vil Månen nogle gange være så tæt på Jorden, at vi får en ringformet ellipse. (Øverste billede.) På nederste billede 'passer' afstanden, så formørkelsen er total. På det midterste billede er Månen så langt væk fra knudepunktet at formørkelsen bliver delvis – kaldet partiel. [2]

6.3.1 Synodisk, anomalistisk og siderisk måned

Som for planeterne er der forskellige perioder, der beskriver Månens bevægelse. Den *synodiske* måned er den periode vi alle kender til, nemlig den tid der går fra nymåne til nymåne.

Da Jorden også bevæger sig, er den synodiske måned ikke det samme som den *sideriske* måned, der er den tid, det tager for Månen at foretage et omløb i forhold til stjernerne. Den sideriske måned er et par dage kortere end den synodiske måned.

Den anomalistiske måned er det tidsrum, det tager for Månen at bevæge sig fra perigæum til perigæum. (Perigæum er det punkt i Månens bane, som ligger tættest på Jorden. Apogæum er omvendt det punkt, der ligger fjernest Jorden.) Umiddelbart skulle man tro, at den sideriske- samt den anomalistiske måned er ens, men igen fordi banen ikke er en stationær ellipse, men en roterende ellipse (på grund af Solens- og de andre planeters træk i Jord-Månesystemet) bliver tiderne forskellige. Forestil dig f.eks. en mønt, der smides på et bord sådan at møntens kant roterer rundt på bordet. På tilsvarende måde drejer Måneellipsen rundt om ekliptika. Tabel 4 viser længderne på de forskellige perioder, der hører til Månen.

Tabel 4: Måneperioder.

Synodisk måned: Tiden mellem to nymåner. $T = 29^d 12^h 44^m 2,9^s = 29,530589$ MSD
Siderisk måned: Omløbstid i forhold til stjernerne. $T = 27^d 7^h 43^m 11,6^s = 27,321662$ MSD
Anomalistisk måned: Tiden mellem to perigæumpassager. $T = 27^d 13^h 18^m 33,1^s = 27,554550$ MSD
Drakonitisk måned: Tiden mellem to passager af knudelinjen. (Skæringslinjen mellem ekliptika og måneplanet.) $T = 27^d 5^h 5^m 35,9^s = 27,212221$ MSD. Denne måned bestemmer forekomsten af formørkelser.

Som for planeterne er der også en sammenhæng mellem den sideriske- og den synodiske måned. Metoden til at udlede sammenhængen mellem de to størrelser er den samme som for planeterne, så det overlades til læseren selv at finde sammenhængen.

6.4 Tidevand

Et af de mest velkendte fænomener, som stammer fra Månen og Solen er tidevandet. Vi har nok alle hørt, at Månen rykker i Jorden og dermed forskyder denne, så tidevandet opstår. Vi vil i det følgende se lidt nærmere på fænomenet.

Alle objekter i Universet rykker i hinanden. Newton viste en matematisk sammenhæng mellem størrelsen af den gravitationskraft, der virker mellem 2 objekter. Kraften afhænger af deres masser og deres indbyrdes afstand. Han fandt

$$F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2}, \quad (3)$$

hvor *gravitationskonstanten* $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, M og m er de to legemers masser og r er afstanden imellem de to legemers tyngdepunkter.

6.4.1 Eksempel – Gravitationen fra Månen og Solen

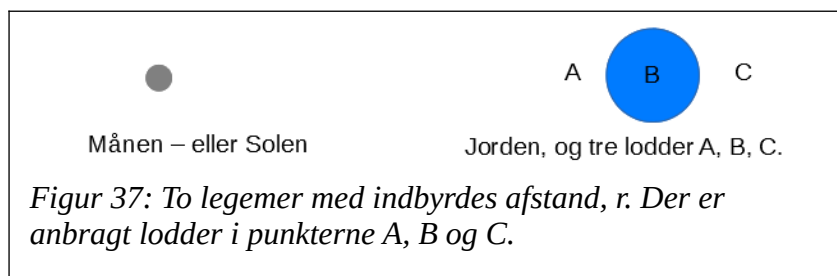
Jordens masse er $m_\oplus = 5,976 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, Solens masse er $m_\odot = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ og afstanden mellem Solen og Jorden er i middel $r = 149,6 \cdot 10^9 \text{ m}$. Dermed er størrelsen af gravitationskraften mellem de to objekter $F = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \cdot 5,976 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg} / (1,496 \cdot 10^{11} \text{ m})^2 = 3,544 \cdot 10^{22} \text{ N}$.

Månens masse er $m_\zeta = 7,348 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ og middelfstanden mellem Jorden og Månen er $r = 3,844 \cdot 10^8 \text{ m}$. Derfor er gravitationskraften mellem Jorden og Månen $F = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \cdot 5,976 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 7,348 \cdot 10^{22} \text{ kg} / (3,844 \cdot 10^8 \text{ m})^2 = 1,983 \cdot 10^{20} \text{ N}$.

Eksemplet ovenfor viser, at *Solens* træk i Jorden er meget større end Månens. Alligevel viser det sig, at det er *Månen*, der leverer det største bidrag til tidevandet. Opgave 7.14 gennemgår en beregning af de to bidrag til tidevandet. Nedenfor vil vi med ord forklare, hvad der sker.

Jordens middelfradius er 6371 km, og middelfstandene mellem henholdsvis Jorden-Månen er $3,844 \cdot 10^8 \text{ m}$ og Jorden-Solen $1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$. Gravitationskraften aftager hurtigt for voksende afstand mellem de to objekter. Betragt figur 37. Der er anbragt 3 lodder ved Jorden. Gravitationskraften, F_i , på de små lodder kan beregnes ved hjælp af Newtons gravitationslov.

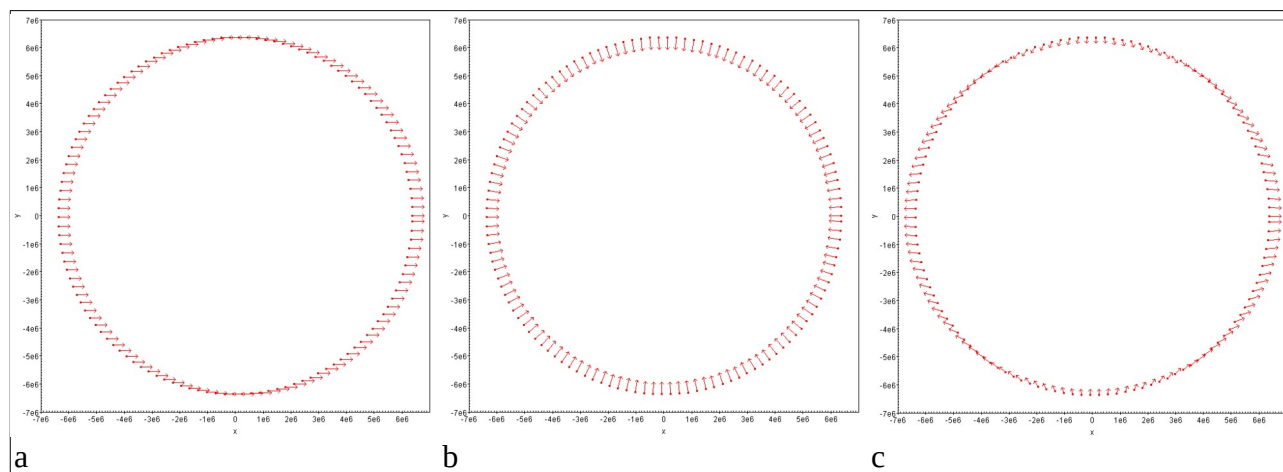
Det er indlysende, at kraften $F_A > F_B > F_C$. Det vil sige, at lod A trækkes længere ind mod det ydre legeme end lod B, og lod B trækkes længere mod det ydre legeme end lod C. Linjen ABC vil altså blive udstrakt.



En observatør, der står på lod B, vil se, at linjen strækkes ud i begge retninger – opgave 7.14 viser, at det faktisk er lige meget i begge retninger.

Hvis vi generaliserer argumentationen ovenfor og placerer lodder hele vejen rundt om Jorden, så kan vi beregne kræfterne på lodderne og indtegne dem i et koordinatsystem. Det er gjort på figur 38.

Figur 38: Tidevandet.



På figur 38a er gravitationskraften fra Månen beregnet for en serie lodder langs en omkreds af et tværsnit af Jorden. Månen er anbragt 30 jorddiameter til højre for figuren. Alle kræfterne peger naturligvis mod Månen.

På figur 38b er den resulterende kraft på lodderne vist, hvis vi antager at koordinatsystemet er et inertialsystem, dvs. at Newtons 1. lov gælder i systemet. Vi har altså adderet tyngdekraften til lodderne. Man ser, at bidraget fra tyngdekraften er meget større end bidraget fra Månen, og derfor ser det tilsyneladende ud til, at alle kraftpilene peger direkte ind mod Jordens centrum.

På figur 38c har vi taget højde for, at Jordens koordinatsystem ikke er et inertialsystem, dvs. Newtons 1. lov gælder ikke for systemet. Dermed gælder 2. lov heller ikke. For at løse det problem skal man inkludere nogle såkaldte *fiktive kræfter*. Du lærer mere om fiktive kræfter på universitetet, så her vil vi nøjes med at konstatere, at hvis man indsætter en korrektion, der tager højde for Jordens rotation om Jord-Måne-systemets fælles tyngdepunkt, så ser man, at kræfterne på lodderne nu varierer ganske meget fra sted til sted. Vi ser, at vinkelret på Jord-Måne-aksen peger kræfterne ind mod Jordens centrum, mens kræfter parallelt med Jord-Måne-aksen peger væk fra Jordens centrum. Dvs. der er højvande *to* steder på Jorden samtidigt, og tilsvarende gælder for lavvande.

Hvis man tager højde for, at Jordens spin vrider i vandet, vil man se, at de to steder med højvande er vredet en positiv vinkel væk fra Jord-Måne-aksen. Den beregning undlader vi at lave her.

Vi så ovenfor, at kræfterne varierer i punkterne A, B og til C, fordi afstandene til Månen varierer. Denne effekt er væsentligt mindre i tilfældet med Solen, fordi Solen er meget længere væk fra Jorden end Månen er. Derfor vil forskellen i gravitationskraften fra Solen ved A, B og C være meget mindre end fra Månen, altså i modstrid med størrelsen af gravitationskraften fra hhv. Sol og Måne, som vi beregnede i eksempel 6.4.1.

Nogle gange virker bidraget til tidevandet fra Månen og Solen i samme retning, så får vi *springflod*; hvis bidraget virker i modsat retning, får vi *nipflod*.

Men Jorden består jo ikke af en kerne med en sfære af vand udenom. Vandet ligger i have og søer. Kystlinjerne har også forskellige udseende forskellige steder på Jorden, og derfor bliver tidevandet heller ikke det samme forskellige steder på Jorden. For eksempel er der kun en højdeforskel på knap 1 m i Danmark, mens den i England kan være op til 14,6 m. Verdensrekorden er i Fundybugten i Nova Scotia i Canada. (21,6 m i 1869.)

På figur 39 kan man se høj- og lavvande i Derby, Australien. De eksakte værdier for vandstanden over middelnul i Danmark kan ses på DMI's hjemmeside. [25]

I dette kapitel har vi set på den nære astronomi, og på nogle af de påvirkninger Solsystemet påvirker os med.

I næste kapitel undersøger vi Solsystemet i større detalje.

-0-



a) Lavvande i Derby, Vestaustralien.



Figur 39: Højvande I Derby, Vestaustralien. Højdeforskellen er 11,8 m. [24]

7 Opgaver

7.1 Solens intensitet ved Jordoverfladen

Skitser en flad jordoverflade og indtegn et plan, der har arealet 1 m^2 , så dets normal har vinklen, α , med vandret. Tegn solstråler, så strålerne er vinkelrette på det tegnede plan. Tegn nu 'skyggeplanet.' Den modtagne flux ved Jordoverfladen, når Solen står lodret betegnes med symbolet F_0 . $F_0 = 1000 \text{ W/m}^2$.

Vis at den modtagne intensitet ved en given solhøjde er givet ved følgende formel

$$F = F_0 \cdot \sin(\alpha)$$

7.2 Nordstjernens højde

Fra gammel tid har det været ønskeligt at kunne bestemme sin breddegrad på en simpel måde.

Du skal finde en simpel sammenhæng mellem et observationssteds breddegrad og den højde som Nordstjernen har på observationsstedet.

- Tegn en cirkel, som skal forestille Jorden og indtegn en ækvatorlinje samt en rotationsakse.
- Vælg en position på den nordlige halvkugle og indtegn en breddegradsline.
- Marker retningen til Nordstjernen set fra observationsstedet.
- Find de vinkler der betegner breddegraden samt højden af Nordstjernen.
- Benyt nu din kendskab til matematik til at finde en sammenhæng mellem Nordstjernens højde og observationsstedets breddegrad.
- Duer ovenstående metode overalt på Jorden?

7.3 Stjernekortet

For at blive fortrolig med stjernekortets anvendelse, skal du besvare nedenstående spørgsmål.

- Hvorfor er plastikskivens metal-lås klistret fast på Nordstjernen og ikke zenith?
- Indstil kortet så det viser stjernehimmelen d. 1/9 kl. 0:00 dansk sommertid. Hvor på himmelen ligger zenith, og i hvilken retning skal man kigge for at se Plejaderne?
- Hvilke koordinater (ca.) har Castor og Pollux?
- Hvad tid står stjernebilledet Skorpionen op den 1/9 samt den 31/12?

Astronomisk⁹ tusmørke slutter kl. 22:42 lokal sommertid (Århus) og astronomisk tusmørke om morgenen starter kl. 3:57 lokal sommertid den 1/2. september 2007.

- Hvilket stjernebillede er netop ved at stå op i nordøst, når mørket sænker sig over Vejle (Århus) og omegn? (Skitser stjernebilledet.)
- Hvor højt kan omtalte stjernebillede nå op over horisonten i løbet af året, hvor højt er det oppe på himmelen ved morgengry den 2/9 og i hvilken retning ligger det?
- Hvornår vil det være godt at tage billeder af Jupiter, dvs. når Jupiter er over ca. 15 grader over horisonten og klokken skal helst være inden 23:00 dansk normaltid? (NB – husk at Jupiter flytter sig i løbet af året, så her kan et planetarieprogram være anvendeligt.)

⁹ Der findes civil, astronomisk og nautisk tusmørke. Når Solen er 18° under horisonten er det astronomisk tusmørke. Nautisk er når Solen er 12° under horisonten og civil når Solen er 6° under horisonten.

7.4 Siderisk og tropisk døgn

Gå sammen i 2-3-mands grupper og udfør følgende:

- Repetér definitionen på siderisk tid og forklar den for hinanden. Hvad er rektascensionen for forårspunktet? Hvad kan man sige om siderisk tid og forårspunktets timevinkel? (Skriv noter til, så I ikke glemmer svaret.)

Et tropisk døgn defineres som det tidsrum, der går fra Solen står højest på himmelen til den igen står højest på himmelen.

- Hvorfor har et tropisk døgn lige netop dette navn?
- Lav en skitse af Jord-Sol-systemet set ovenfra. Skitser (gerne overdrevet) Jordens bevægelse i dens bane omkring Solen på et døgn.
- Marker forårspunktet (eller en stjerne) på tegningen og tegn en linje fra de 2 markeringer af Jorden til forårspunktet. Husk at forårspunktet ligger meget langt væk. (Det er lettest at anbringe forårspunktet/stjernen parallelt med retningen til Solen.)
- Jordens omløbstid omkring Solen er på 365,256361 døgn og et døgn er på nøjagtig 24^h . Bestem den vinkel, som Jorden tilbagelægger på et døgn.
- Hvor stor en vinkel roterer Jorden i løbet af henholdsvis et siderisk og et tropisk døgn?
- Bestem nu forholdet mellem et siderisk og et tropisk døgn.
- Beregn det sideriske døgns længde og opskriv det dernæst på formen (h m s.)

Hvis man springer 24^h frem i et planetarieprogram som f.eks. Stellarium ser man at stjernehimmelen ændrer sig en lille smule. (Prøv det.)

- Prøv at springe et siderisk døgn frem i dit planetarieprogram og sammenlign stjernernes positioner på stjernehimmelen før og efter.
- Forklar hvorfor siderisk tid er velegnet til observationsbrug.

7.5 Tidsmålinger - repetition

- Med udgangspunkt i din portfolio og noten, skal I overveje følgende begreber: Siderisk døgn, siderisk år, tropisk år, synodisk periode.
- Hver elev udvælger et par begreber og forklarer det så præcist som muligt til makkeren. Makkeren lytter efter, stiller evt. opklarende spørgsmål og justerer forklaringen, hvis det er nødvendigt.
- Hver elev opdaterer evt. sin portfolio.

7.6 Dyrekredsen og fødselshoroskop

- På figur 1.1 er der en tegning af de 12 stjernetegn i ekliptika/dyrekredsen. Deres navne står på latin. Oversæt navnene til dansk.
- Tegn en cirkel med diameter svarende til et halvt A4-ark. Inddel cirklen i 12 lige store segmenter.
- Indskriv de 12 dyretegn på din cirkel.
- Start dit planetarieprogram og vælg datoen til din fødselsdag og fødselstidspunkt samt fødested. (Find for eksempel din position ved at kigge i Google Earth.)
- Find ud af hvilke stjernebilleder Solen, Månen og alle planeterne befinder sig i, og indtegn dem på den cirkel, du lavede i spørgsmål c.
- Marker det stjernebillede, der står i øst, da du blev født. (Det hedder Ascendanten.)

- g) Prøv at lave et fødselshoroskop fra et websted på Internettet – sammenlign placeringen af kloderne på de to horoskoper.

Du har nu tegnet et fødselshoroskop. En evt. fortolkning kan du så selv pusle med – spørg evt. om din religionslærer ved noget om astrologi.

7.7 Stjernebilleder og lysforurening

Gå udenfor når det er ret mørkt (omtrent kl. 22), og brug ca. ½ time på at besvare nedenstående spørgsmål.

- Find så mange som muligt af følgende stjernetegn: Store Bjørn, Lille Bjørn, Cassiopeia, Svanen, Perseus og Lyren.
- Tegn Lyren og Lille Bjørn på et stykke papir. Angiv kun de stjerner, du kan se.
- Prøv at finde følgende stjerner: Nordstjernen (også kaldet Polaris), Arkturus, Deneb og Vega.
- Vi er i Jomfruens/Vægtens stjernetegn lige nu. Prøv at se om du kan finde Jomfruen/Vægten. Hvis du ikke kan, er der så en forklaring på det?
- Find igen Karlsvognen og mål nu dens størrelse angivet i fingerbredder. (Hold armen strakt ud og tæl hvor mange pegefingertykkelser, den er bred. Lav det samme for Cassiopeia.)
- Nu skal du finde ud af hvor mange håndbredder Karlsvognen og Cassiopeia ligger over horisonten. (Hold højre arm strakt ud med tommelfingeren pegende opad - men dog ikke strittende i vejret. Læg venstre hånd oven på højre osv. indtil du når op til stjernebilledet.)

7.8 Vinkelmål – en simpel måde at måle vinkler på nattehimmelen

- Benyt en meterstok samt en skydelære til at bestemme størrelsen af den vinkel, din pegefinger dækker over, når du holder den i udstrakt arm.

Formler: $\tan(v) = \text{modstående katete}/\text{hosliggende katete}$; $\text{omkreds af cirkel} = 2 \cdot \pi \cdot r$; vinkelsum i cirkel = 360° .

- Lav det samme for din håndflade samt for afstanden mellem dine knoer.

7.9 Koordinatsystemer – repetition

- Med udgangspunkt i din portfolio og noten, skal I overveje følgende begreber: azimuthvinkel, højde, Himmels ækvator, ekliptika, forårspunkt, ækvatorealsystem, rektascension, deklination.
- Hver elev udvælger et par begreber og forklarer det så præcist som muligt til makkeren. Makkeren lytter efter, stiller evt. opklarende spørgsmål og justerer forklaringen, hvis det er nødvendigt.
- Hver elev opdaterer evt. sin portfolio.

7.10 Nære fænomener – repetition

- Med udgangspunkt i din portfolio og noten, skal I overveje følgende begreber: Retrograd bevægelse for en planet, Månens faser, sol- og måneformørkelse samt stjerneskud.
- Hver elev udvælger et par begreber og forklarer det så præcist som muligt til makkeren. Makkeren lytter efter, stiller evt. opklarende spørgsmål og justerer forklaringen, hvis det er nødvendigt.
- Hver elev opdaterer evt. sin portfolio.

7.11 Nattehimmelen lige nu



Har du en bærbar pc, så installer Stellarium (og gerne Vireo.) Brug din pc til at løse følgende spørgsmål.

- Hvornår bliver det så mørkt i aften i Vejle, at du kan se stjerner?
- Hvilke stjernebilleder står (ca) op kl. 22.00?
- Hvilke planeter er (næsten) oppe kl. 22.00?
- Hvilket stjernebillede står Solen i dag?
- Hvis man bliver født i dag, hvilket stjernetegn er man så født i?
- Hvilke stjerner går (ca.) ned kl. 04 i nat?
- Hvornår kan vi i år se Orion kl. 20 på nattehimmelen? (Den skal være helt oppe over horisonten.)
- Hvilken stjerne snurrer alle de andre stjerner sig næsten om?

-O-

Stellarium

- I programmet skal du sikre dig, at lokationen er sat til Vejle. (Eller tæt på Vejle.)
- Der findes en menu-linje nederst på skærmen, hvor du kan 'spole' i tiden.
- Du kan fjerne atmosfæren, hvis det er dagslys – så bliver det mørkt.
- Du kan indtegne hjælpefigurer og streger ved hjælp af menupunkterne.



7.12 Jordens kegleskygge

I denne opgave skal du undersøge om Månen kan komme længere væk fra Jorden end længden af Jordens kegleskygge.

- Tegn Solen og Jorden ca. 10 cm fra hinanden og vælg et koordinatsystem med origo i Solens centrum og lad Jordens centrum ligge på x-aksen. Indtegn Jordens kerneskygge.
- Bestem en forskrift for linjen, der repræsenterer den lysstråle, der tangerer toppen af Solen og Jorden. (Se talværdier i kassen.)
- Hvad er y-værdien for punktet i enden af kerneskyggen? Brug denne værdi til at bestemme x ved hjælp af forskriften fundet i spørgsmål b.
- Hvor lang er kegleskyggen?
- Kommer Månen længere væk end kegleskyggen?

Solens radius: $R = 6,960 \cdot 10^5$ km Jordens radius: $r = 6371$ km Månens baneradius: $d = 384400$ km. Afstand mellem Jorden og Solen: $D = 149,6 \cdot 10^6$ km.

7.13 Måne- og solformørkelser

Det viser sig, at hvis man tæller antallet af sol- og måneformørkelser over en bestemt periode, så forekommer der ikke lige mange af hver. Det vil vi undersøge i det følgende.

- Lav en skitse af Solen, Jorden og Månen med Solen placeret i origo, Jordens centrum i $(D, 0)$ og Månen kredsende i en cirkel omkring Jorden med radius, d . (Skitsen behøver ikke at

være skalatro.) Indtegn Jordens kerneskygge og skraver de 2 områder, hvor der kan forekomme sol- og måneformørkelser.

Din tegning viser dig, at der forekommer flere solformørkelser end måneformørkelser, idet Månen i længere tid befinder sig i området hvor solformørkelser kan forekomme end det tilsvarende område for måneformørkelser. Problemet er altså at bestemme længderne af de 2 områder.

- b) Marker de to skæringspunkter mellem Månebanen og den linje, der tangerer toppen af Solen og Jorden og indtegn 2 radiuslinjer fra Jordens centrum til skæringspunkterne. Marker de 2 vinkler mellem radiuslinjerne og x -aksen. (Forskriften er i øvrigt udledt i opgave 7.12.)
- c) Forskriften for en cirkel med centrum i (a, b) og med radius c er $c^2 = (x-a)^2 + (y-b)^2$. Opskriv forskriften for Månens bevægelse ved hjælp af de symboler, som er angivet i kassen ovenfor. Isolér y i den fundne forskrift.
- d) Opstil nu et udtryk, der kan bruges til at finde de i spørgsmål b bestemte skæringspunkter.

Hvis du er god til at regne, kan du nu beregne de 2 skæringspunkter – ellers kan du se løsningen herunder.

Løsningen til ligningerne for x -værdierne er:

$$x = \frac{(R-r)R + D^2 \pm \sqrt{2RD^2(R-r) - D^2(r-R)^2 + (r-R)^2 d^2 - (RD)^2 + (dD)^2}}{\frac{(r-R)^2 + D^2}{D}}$$

- e) Beregn de 2 x -værdier og deres tilhørende y -værdier.
- f) Benyt sinusreglerne til at beregne de 2 vinkler, som du markerede i spørgsmål b og benyt de fundne vinkler til at bestemme buelængderne af formørkelsesområderne. Bestem endelig forholdet mellem længderne.

Det faktiske forhold er 42/27, som ikke stemmer helt overens med ovenstående beregning. Grunden er, at man skal tage højde for Månens vinkeludstrækning på himmelen. (Månens hele vinkeludstrækning er 0,0090426 rad.) Prøv at modificere din tegning fra spørgsmål a, så Månens vinkeludstrækning tages med og forsøg dernæst at konkludere, hvad man skal gøre med vinklerne fundet i spørgsmål f. Bestem endelig det korrigerede forhold og sammenlign med den observerede værdi.

7.14 Tidevand

Man kan undre sig over, at vi normalt siger, at det er Månen, som leverer hovedbidraget til tidevandseffekten. Det vil vi undersøge i det følgende. En god gennemgang kræver brug af fiktive kræfter, men vi laver en simplere gennemgang. Interesserede kan læse mere i bogen Planeter af Kaare Lund Rasmussen, Munksgaards dimensioner.

Vi antager, at Jorden består af en indre kugle af sten omkranset af en kugleskal af vand. (Da det meste af Jorden er dækket af vand, er denne antagelse nok rimelig at foretage.) Se figuren nedenfor.

Anbring nu tre 1 kg lodder ved punkterne A, B og C. Jordens radius er $r_{\oplus}$, afstanden mellem Jorden og Månen er $r_{\oplus\text{M}}$ og afstanden mellem Jorden og Solen er $r_{\oplus\odot}$.

- a) Opstil et udtryk for gravitationskraften fra Solen på lodderne ved henholdsvis A, B og C.

- b) Bestem nettokraften i A og C, i forhold til B. (Dvs. bestem $F_A - F_B$ og $F_C - F_B$.) Hvordan deformeres vandkugleskallen?
- c) Opstil et lignende udtryk for bidraget fra Månen og tag forholdet mellem Månens og Solens bidrag.
- d) Du fik forhåbentlig, at Månens bidrag er det største. Kan du ud fra dine beregninger se, hvorfor det er sådan?

Tabelværdier

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

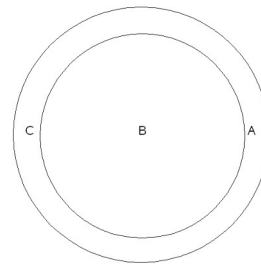
$$M_{\odot} = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg.}$$

$$M_{\oplus} = 5,977 \cdot 10^{24} \text{ kg.}$$

$$M_{\text{J}} = 7,349 \cdot 10^{22} \text{ kg.}$$

$$r_{\oplus\odot} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m.}$$

$$r_{\oplus\text{J}} = 3,844 \cdot 10^8 \text{ m.}$$



Jordens centrum ligger i B og Månen (eller Solen) ligger langt ude til højre.

8 Referencer

- 1) <https://scienceatyourdoorstep.com/2014/09/09/motion-along-the-ecliptic/>
- 2) <https://www.tycho.dk/>
- 3) <http://www.froebelsem.dk/stjerner/oversigt.htm>
- 4) <https://stellarium.org>
- 5) <https://www.constellation-guide.com>
- 6) <https://www.solarsystemscope.com/>
- 7) <https://www.caltech.edu/about/news/caltech-researchers-find-evidence-real-ninth-planet-49523>
- 8) <https://spaces.imperial.edu/russell.lavery/Mypage/Astrostuff>
- 9) <https://www.space.fm/astronomy/starsgalaxies/horizoncoordinates.html>
- 10) <https://astronomy.nmsu.edu/pics/diagrams/a110/sky3.htm>
- 11) <https://om.lex.dk/denstoredanske.dk>
- 12) <https://detspringendepunkt.blogspot.com/2015/08/>
- 13) https://lambda.gsfc.nasa.gov/toolbox/conv_coordinate.cgi
- 14) <http://www.dlh.dk/mat/fysik/leonider/index.htm>.
- 15) http://www.astro.ku.dk/~lars_c/tbp/solar/meteor.htm#pictures.
- 16) <https://firda.vgs.no/popvit/leonidar.htm>.
- 17) <https://www-th.bo.infn.it>
- 18) <https://nasa.gov>
- 19) <https://www.wikipedia.dk>
- 20) <https://astro.unl.edu>
- 21) Virtualtelescope.eu
- 22) <https://www.eso.org>
- 23) <https://www.amtsgym-sdbg.dk/as/ecl-moon/m060040.jpg>
- 24) <http://www.wt.com.au/~derbytb/tides.html>
- 25) <https://www.dmi.dk/index.php?id=746&L=0>