

Vejen til Fysik C

© 2005 Knud Erik Nielsen og Esper Fogh

Lay-out omslag: Silkeborg Bogtrykkeri A/S
Lay-out indmad: Knud Erik Nielsen og Esper Fogh
Produktion: Silkeborg Bogtrykkeri A/S
EMAS reg. nr. DK-S-0084

Forsidebilledet er fra nationalparken Torres del Paine i Chile

Kopiering fra denne bog er kun tilladt i overensstemmelse med overenskomst mellem undervisningsministeriet og Copy-Dan

Printed in Denmark 2008

ISBN 978-87-89839-13-4

1. udgave, 6. oplag 2008



Forlaget HAX
Poppelvej 15
8600 Silkeborg
Tlf. 86 82 01 66
www.hax.dk

Knud Erik Nielsen
Skellerupvej 97
8600 Silkeborg
Tlf. 86 84 15 16
hax@hax.dk

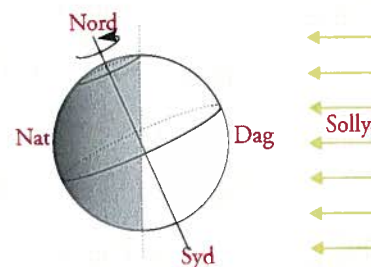
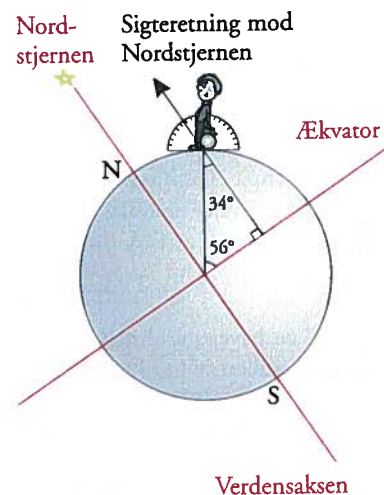
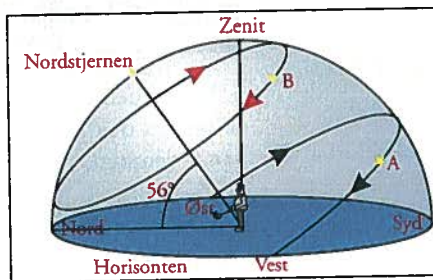
2. Nat og dag

2. NAT OG DAG

Hver dag ser vi Solen stå op i øst, vandre hen over himlen og gå ned i vest. Om natten kan vi iagttage, at stjernerne på tilsvarende måde vander hen over himlen. Tidligere troede man, at Jorden stod stille, og at stjernerne sad fast på en såkaldt sfære, krystalhimlen, som roterede om Jorden. I dag ved vi, at stjernernes tilsyneladende bevægelse skyldes, at Jorden roterer om en akse gennem nordpolen og sydpolen med en rotationstid på ca. 24 timer (23 timer og 56 minutter).

Forlænger vi Jordens akse ud i rummet, får vi den såkaldte *verdensakse*. Det ser ud, som om alle stjerner roterer omkring denne akse. I virkeligheden er det naturligvis Jorden og dermed os, som roterer den modsatte vej, og stjernerne, der står stille.

En enkelt kraftig stjerne ser ud til altid at være på samme sted. Det er Nordstjernen, som tilfældigvis befinder sig meget tæt på verdensaksen.



Eksp. 2.1: Fotografering af stjerner

Prøv på en stjerneklar aften at montere et almindeligt kamera med en farvefilm på et stativ eller læg det på et bord. Lad kameraet sigte mod Nordstjernen, og indstil det til manuel tidtagning. Tag et billede med ca. 1/2 times eksponering.

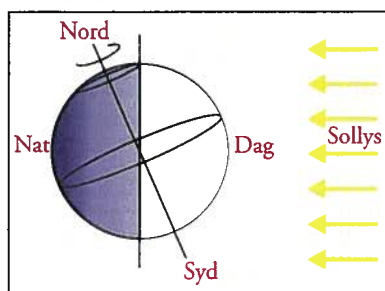
Øvelse 2.2: Jordens rotations-tid

Billedet viser en fotografisk optagelse fra et eksperiment som ovenstående. Kameraets lukker har været åben i 70 min.

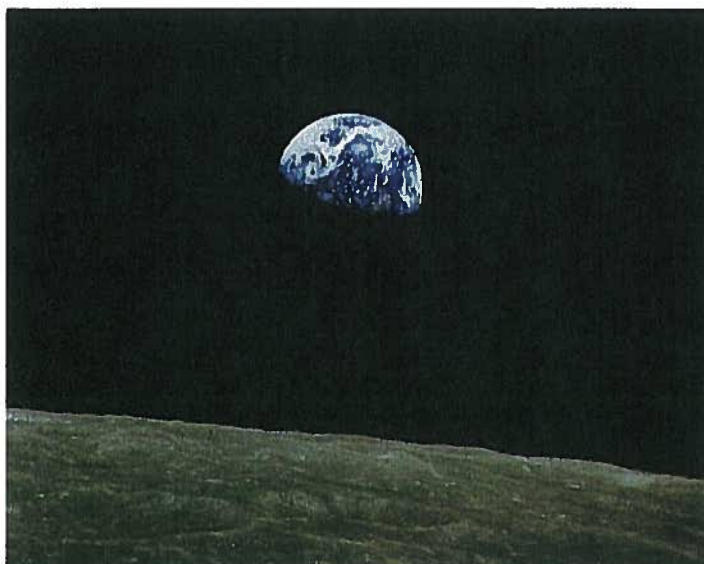
- Udmål på billedet, hvor mange grader stjernerne har roteret, mens lukkeren var åben.
- Hvor lang tid tager det stjernerne at dreje 1° ?
- Bestem ud fra billedet Jordens rotationstid i forhold til stjernerne.



Et berømt billede. Det er taget af en astronaut i kredsløb om Maanen, og viser hvordan det ser ud, når „Jorden står op“. Læg mærke til, at nøjagtigt halvdel af Jorden har dagslys



Det er altid nat på den ene halvdel af jorkloden og dag på den anden



3. ÅRSTIDER

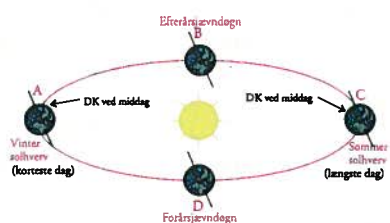
Som vi har set, roterer Jorden om sin akse med en rotationstid på knap 24 timer. Samtidig med denne rotation bevæger Jorden sig i en ellipseformet bane (næsten en cirkel) rundt om Solen. Her er omløbstiden et år eller lidt over 365 døgn.

Jordens ellipsebane omkring Solen fastlægger en plan i rummet, som kaldes *ekliptikas plan*. Hvis Jordens akse havde stået vinkelret på denne plan, ville Solen altid have stået lodret over ækvator, og der havde ikke været forskel på årstiderne.

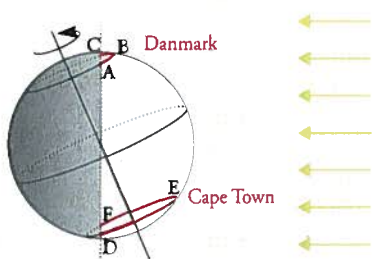
Sådan er det imidlertid ikke. Jordaksen har ganske vist en fast retning i rummet, men den hælder $23,4^\circ$ som vist på figuren. I sin bane omkring Solen vil Jordens nordlige halvkugle sommetider være tippet ind mod Solen og et halvt år senere være tippet bort fra den.

Figuren i marginen viser Jordens stilling i forhold til Solen, når det er vinter på den nordlige halvkugle. Vi skal huske, at Jorden hele tiden roterer om sin akse. Når Danmark befinder sig i punktet A, ser vi Solen stå op. I punktet B er det middag, og i punktet C går Solen ned. Sammenligner vi med Cape Town, som ligger på ca. samme længdegrad, ser vi, at Solen står tidligere op (punktet D) og går senere ned (punktet F). Dagen er altså længere i Cape Town end i Danmark.

Samtidig kan vi se, at Solen ved middagstid står næsten lodret over Cape Town, mens den står ret lavt på himlen i Danmark. Det er sommer i Cape Town og vinter i Danmark.

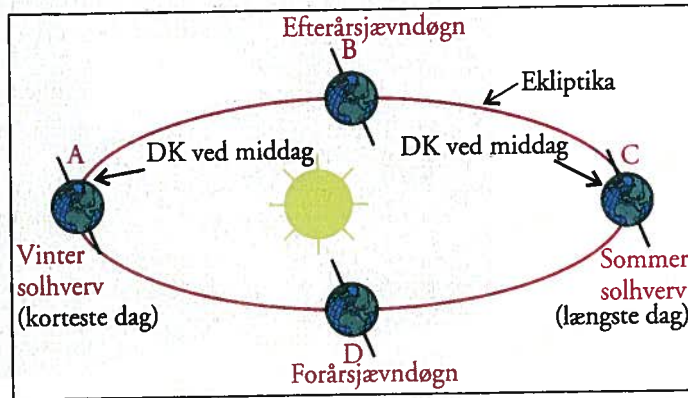


Jorden bevæger sig i løbet af et år rundt i sin ellipseformede bane omkring Solen. Samtidig roterer den en gang i døgnet om sin akse, der hælder $23,4$ grader



Årstider

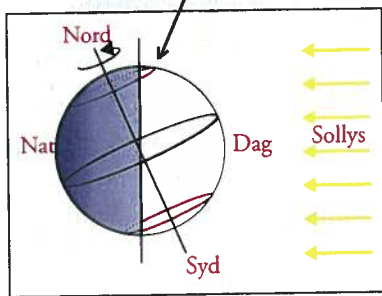
Vinter



Sommer



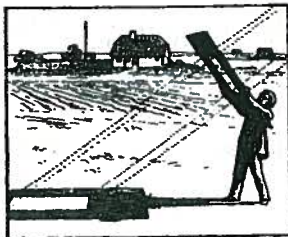
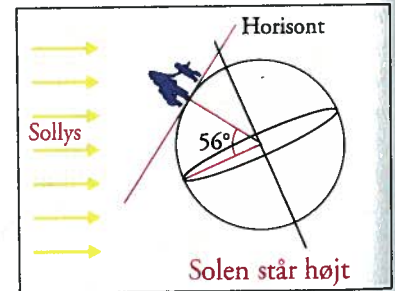
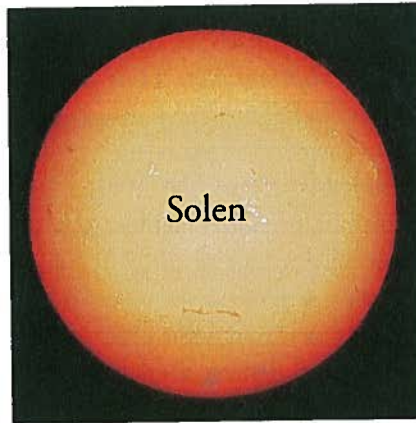
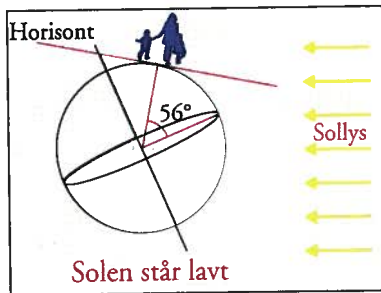
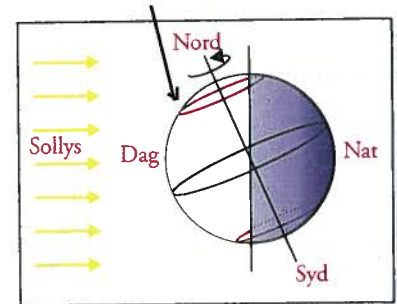
Kort dagbue



Om vinteren er dagen kort. Vi modtager derfor kun stråling fra Solen i kort tid, og det bliver koldt.

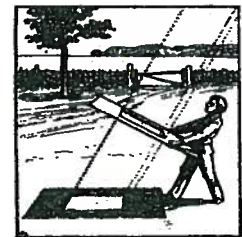
Om sommeren er dagen længere. Vi modtager derfor stråling i længere tid, og det bliver varmere.

Lang dagbue



Når Solen om vinteren står lavt på himlen, fordeles strålingen på et stort areal, og den varmer derfor ikke meget.

Om sommeren, når Solen står højt på himlen, rammer den samme mængde stråling et mindre areal, og varmer derfor mere.

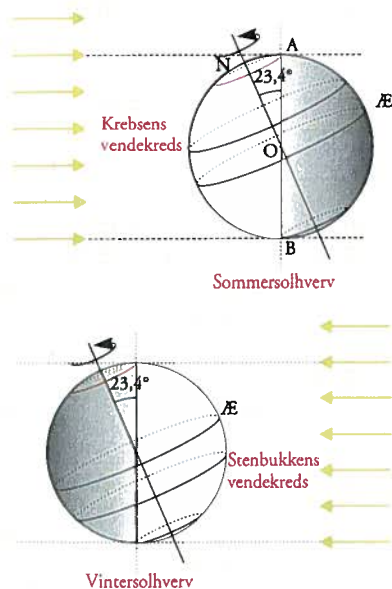


PERSPEKTIV- KASSE

1

Forestil dig, at du skal redegøre for nat og dag på 10 minutter. Fremstil et papir på fx en side med tekst og tegninger, der kan støtte din fremlæggelse. Besvar følgende spørgsmål:

- Hvorfor har vi nat og dag?
- Hvorfor står Solen op og går ned igen?
- Hvorfor er dag og nat ikke lige lange?
- Hvor lang kan en dag blive?



Skiltet fortæller de rejsende på Pan American Highway i Chile, at de passerer Stenbukkenes Vendekreds

Øvelse 3.1: Sommer og vinter

Fremstil en tegning, der viser Jordens stilling i forhold til Solen, når det er sommer i Danmark. Tegn breddecirkler for Danmark og Cape Town. Marker Danmarks position ved solopgang, middag og solnedgang. Forklar ud fra dagens længde og Solens højde over horisonten, hvorfor det er sommer her og vinter i Cape Town.

Om efteråret ser vi dagene blive kortere, mens de om foråret bliver længere. Den korteste dag har vi ca. 21. december. Dette tidspunkt, hvor den nordlige halvkugle er tippet mest muligt væk fra Solen, kaldes *vintersolhverv*.

Når Jorden når over til den modsatte side af ellipsen, får vi den længste dag, ca. 21. juni. Dette tidspunkt, hvor den nordlige halvkugle er tippet mest muligt ind mod Solen, kalder vi *sommersolhverv*. Når Jorden befinder sig midt imellem solhvervene, er dag og nat lige lange. Vi taler om *forårsjævndøgn* og *efterårsjævndøgn*.

VENDEKREDSE

I Danmark ser vi, at Solen hver dag bevæger sig fra øst mod vest på den sydlige himmel. Ved middagstid kulminerer den, dvs. den når sit øverste punkt i banen og bevæger sig derefter nedad igen. Solens middagshøjde over horisonten er størst ved sommersolhverv.

Rejser vi sydpå, ser vi Solen stå højere på himlen. Rejser vi så langt mod syd som til Aswan i Ægypten, kan vi ved sommersolhverv se Solen i zenith, dvs. lodret over hovedet på os. Vi er da nået ned til den breddecirkel, der kaldes den *nordlige vendekreds* eller *Krebsens Vendekreds*. Tilsvarende findes der på den sydlige halvkugle en vendekreds - *Stenbukkenes Vendekreds* - hvor Solen kommer i zenith, når vi har vintersolhverv.

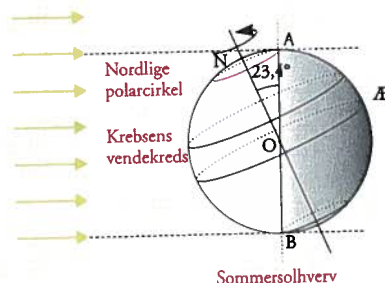
Bor man nord for den nordlige vendekreds, vil man altid se Solen på den sydlige himmel, og bor man syd for den sydlige vendekreds, vil man altid se Solen på den nordlige himmel. De, der bor mellem vendekredsene, vil kunne se Solen passere gennem zenith fra den sydlige himmel til den nordlige og omvendt.



3. Årstider



Solen er lige stået op, og om fem minutter går den ned igen. Billedet er taget i Nordsverige meget tæt på polarcirklen ved middagstid den 27. december



Ved sommersolhverv står Solen i zenith ved middagstid, hvis man bor på Krebsens vendekreds. Hvis man bor nord for polarcirklen, går Solen ikke ned

MIDNATSSOL

Rejser man om sommeren tilstrækkelig langt nordpå, kan man se midnatssolen. Man oplever, at Solen slet ikke går ned, det er lyst i alle døgnets 24 timer. Tilsvarende kan man om vinteren opleve polarnatten, hvor Solen hele tiden er under horisonten, og det er nat hele døgnet.

For at finde ud af, hvor langt man skal nordpå for at kunne opleve midnatssolen, kan man tegne Jordens stilling ved sommersolhverv, som er det tidspunkt, hvor Solen står højest på himlen. På figuren til højre er indtegnet de solstråler, der netop tangerer Jorden i A og B.

En person, der befinder sig nord for en breddecirkel gennem A, vil opleve, at det er lyst hele døgnet. Denne breddecirkel kalder vi den nordlige *polarcirkel*. Står man på polarcirklen ved sommersolhverv, vil man opleve, at Solen ved midnat netop tangerer horisonten og derefter stiger igen.

Vi kan bestemme polarcirkelns breddegrad ud fra figuren. Vinkel AON er netop lig med jordaksens hældning dvs. den er $23,4^\circ$. Polarcirkelns breddegrad er lig med $\angle AO\bar{E}$ dvs. den er $90^\circ - 23,4^\circ = 66,6^\circ$. Prøv at kigge på en globus og check, at det passer.

Øvelse 3.2

Tegn Jordens stilling ved vintersolhverv, og gør rede for, at der nord for polarcirklen er nat hele døgnet.

PERSPEKTIV- KASSE

2

Skriv en A-4 side med tekst og tegninger, der besvarer følgende spørgsmål:

- Hvorfor har vi sommer og vinter?
- Hvad forstår man ved solhverv og jævndøgn?
- Hvorfor er det varmere om sommeren end om vinteren?
- På den nordlige halvkugle ser man Solen stå op i øst, bevæge sig hen over den sydlige himmel og gå ned i vest. Hvad ser man på den sydlige halvkugle?

Fuldmåne over Silkeborg. Billedet er taget i februar måned sidst på eftermiddagen



4. MÅNEN

Vores nærmeste nabo i rummet er Månen. Den bevæger sig i en ellipseformet bane omkring Jorden. Når den er tættest på Jorden, er afstanden 356.000 km, og når den længst væk, er afstanden 406.000 km. Middelfstanden er ca. 384.000 km.

Månen er lige som Jorden tæt på at være kugleformet. Dens radius er 1374 km dvs. ca. en fjerdedel af Jordens radius.

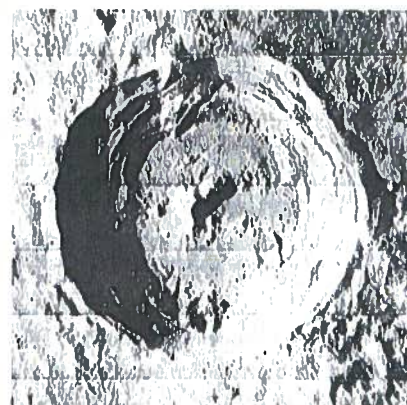
Månens omløbstid i banen omkring Jorden er ca. 27 døgn, tæt på en måned. Dette er ikke noget tilfælde, det er netop Månens omløbstid, der danner baggrund for årets inddeling i 12 måneder.

Tidevand

Tidevand er en periodisk veksel mellem høje og lave vandstande i havene. Lav vandstand kaldes *ebbe* og høj vandstand *flod*. Tidevandet skyldes Månens og i mindre grad Solens tyngdekraft. Vandet nærmest Månen tiltrækkes stærkere end den underliggende havbund, som er længere væk. Virkningen er, at vandet løftes til en slags bølge. Da vandets træghed spiller ind, optræder flod og ebbe de fleste steder med nogen forsinkelse, og tidevandets størrelse afhænger stærkt af lokale forhold. Højdeforskellen mellem flod og ebbe er 1,4 m ved Esbjerg og lidt større længere sydpå. Rekord er ca. 20 m i Fundy-bugten på Nordamerikas østkyst. Ved floden Rance i Frankrig, hvor forskellen er 15 m, byggede man i 1966 et elektricitetsværk på 240 megawatt, som drives af tidevandet.



Månen. NASA



Stort meteorkrater på Månen. NASA

4. Månen

Månen producerer ikke som Solen energi, der kan få den til at lyse. Når vi alligevel oplever, at måneskin gør det lyst om natten, skyldes det, at Månen reflekterer Solens lys.

På en klar nat kan vi med det blotte øje skelne en række overflade-strukturer på Månen. Bl.a. ser vi en række flade ensfarvede områder, som man af historiske grunde kalder for *have*. Fx kaldes det område, hvor de amerikanske Apollo-astronauter landede i 1969, for Stilhedens Hav (Mare Tranquilitatis). Vi kan også, især langs randen, se en del bjerge og meteorkraterer. Månebjergene er forholdsvis høje. De højeste er over 10 km.

Meteorkraterne er dannet ved, at objekter fra rummet med en fart på 20-70 km/s har ramt overfladen. Herved kastes en mængde materiale ud til alle sider, og der dannes et ringformet krater, dvs. et stort hul i måneoverfladen med en vold omkring.

Tidevandsbølgerne i vores have skyldes Månens tyngdekraft. Selv om Månen er langt borte, er dens tyngdekraft stor nok til at løfte vandet i havene nogle få meter på begge sider af Jorden. Da Jorden roterer én gang i døgnet, vil de to tidevandstoppe give ebbe og flod to gange i døgnet.

MÅNENS FASER

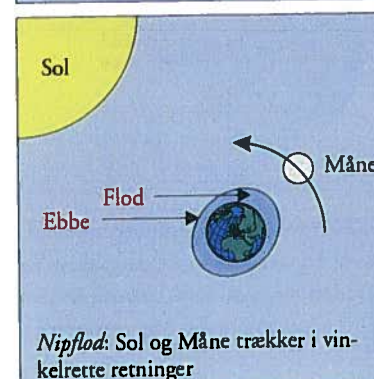
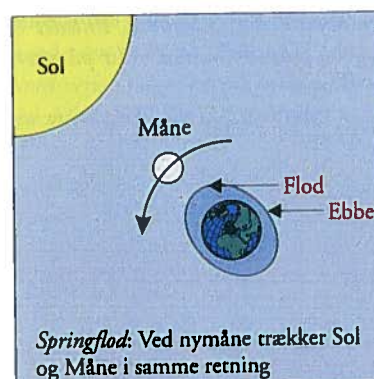
Når vi en tilfældig aften ser Månen på nattehimmelen, har den sjældent samme udseende som sidste gang, vi så den. Den skifter hele tiden udseende. Somme tider ser vi hele måneskiven lyse; vi siger, at det er *fuldmåne*. Til andre tider ser vi kun Månen som en segl, og ofte ser vi den slet ikke.

Før i tiden brugte man Månens faser som en slags kalender. Man kunne aftale, at der skulle sås korn ved næste fuldmåne. Man tog også varsler af Månen og mente fx, at der ved fuldmåne var en særlig risiko for nattefrost.

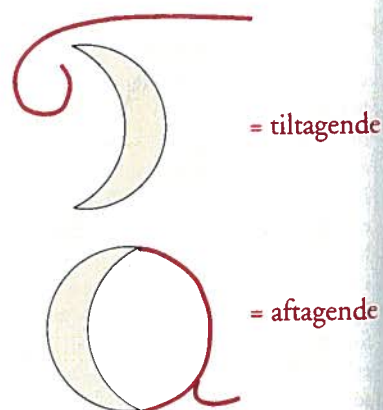
Endnu i dag beregner vi placeringen af påske og pinse i kalenderen ud fra Månens faser. Påskesøndag i påsken er altid den første søndag efter første fuldmåne efter forårsjævndøgn. I mange kalendere finder vi endnu symboler, der angiver datoer for fuldmåne og nymåne.

Øvelse 4.1

Der er faktisk noget om snakken, når det påstås, at der er en særlig risiko for nattefrost, når man kan se fuldmånen. Prøv om du kan give en videnskabelig forklaring.



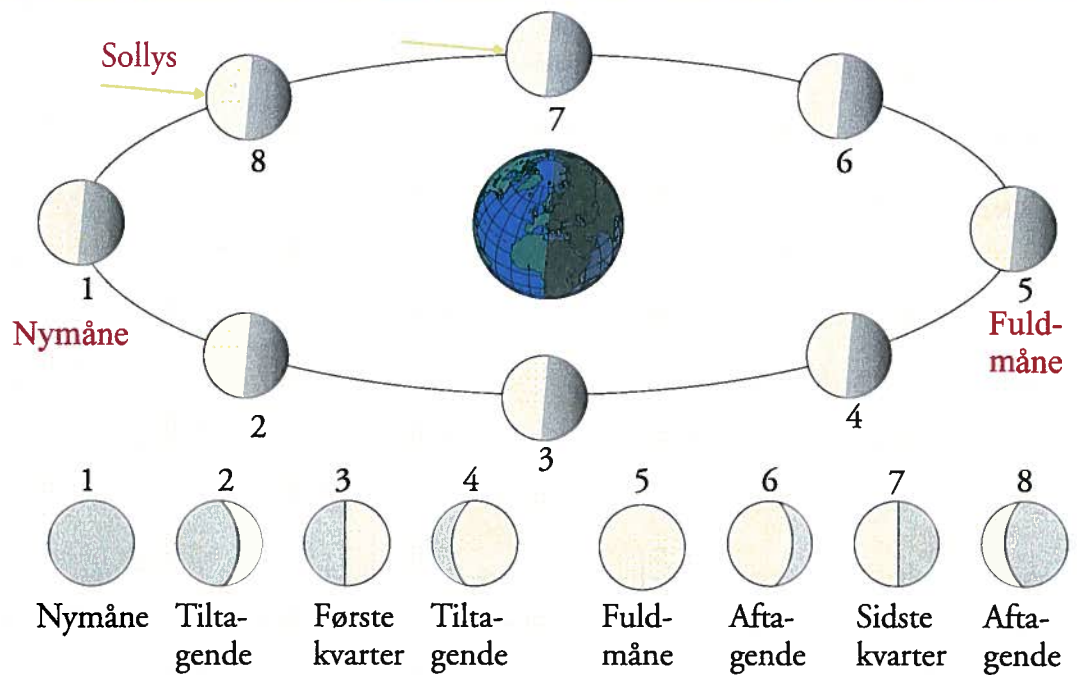
Tidevand. På tegningerne er havets udstrækning overdrevet i forhold til resten af jordkloden.



Mån
Sollys
ind f
Nede
hvilk
Måne
tager
ser be

Fuldm
som lys

Månens faser.
Sollyset kommer ind fra venstre.
Nederst vises, hvilken del af Månen en iagt-tager på Jorden ser belyst



Forklaringen på at Månen hele tiden skifter udseende, er, at vi altid kun ser den del, som Solen lyser på. Som figuren antyder, vil der altid være lys på den halvdel af Månen, som vender mod Solen. Fra Jorden kan man imidlertid ikke altid se hele det belyste område. Da Månen roterer omkring Jorden, vil den del, man kan se, hele tiden ændre sig.

Når Månen i sin bane omkring Jorden befinder sig nærmest Solen, belyses den på bagsiden, og vi kan ikke se den. Det er *nymåne* (punkt nr. 1 på den store figuren ovenfor).

Tre-fire dage senere befinder Månen sig i punkt nr. 2 på fig., og man ser et seglformet udsnit af den belyste overflade. I punkt 3 er halvdel belyst. Månen er i *første kvarter*.

Når Månen befinder sig længst væk fra Solen i punkt nr. 5, kan vi se hele måneskiven. Det er *fuldmåne*.

I perioden fra nymåne til fuldmåne bliver den del af Månen, vi ser belyst, større og større. Man siger, at Månen er *tiltagende*. Efter fuldmåne bliver den synlige del af måneskiven igen mindre. Månen er *aftagende*.

Fuldmåne med en lysbilledprojektor som lyskilde

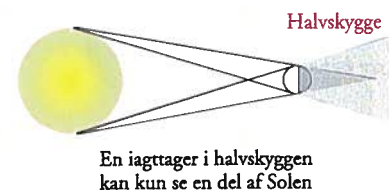
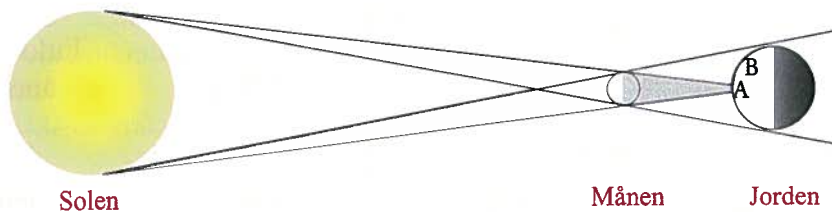


4. Månen

SOLFORMØRKELSE

Når vi ser en solformørkelse, er det, fordi Månen bevæger sig ind mellem os og Solen og spærrer for Solens lys. I sjældne tilfælde vil nymånen dække hele solskiven, og vi får en *total solformørkelse*. Tegningen viser,

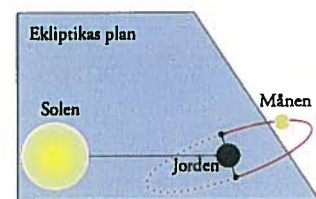
Solformørkelse



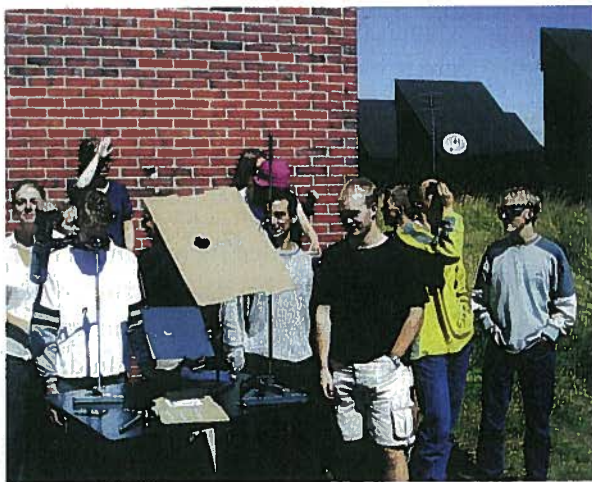
Hvor Månens skygge rammer jordoverfladen, ser vi en solformørkelse. Befinder vi os i kerneskyggen, er formørkelsen total

hvad der sker under en solformørkelse. Når Månen i sin bane bevæger sig ind imellem Solen og Jorden, vil den skygge for Solen. En iagttager i A, dvs. i Månens kerneskygge, vil se en total solformørkelse, idet Månen dækker hele solskiven. En iagttager i B, d.v.s. i Månens halvskygge, kan se en del af solskiven og oplever derfor kun en *partiell solformørkelse*.

Hver gang det er nymåne, altså når Månen i sin bane befinder sig mellem Solen og Jorden, skulle vi egentlig forvente at se en solformørkelse. Når det ikke sker, er det fordi Månens baneplan ikke helt falder sammen med Jordens. De to planer danner en vinkel på ca. 5° med hinanden.



Månens baneplan falder ikke helt sammen med Jordens. Derfor kan Solen normalt belyse Månen, uden at Jorden kommer i vejen. Det er nymåne, men der er ingen solformørkelse



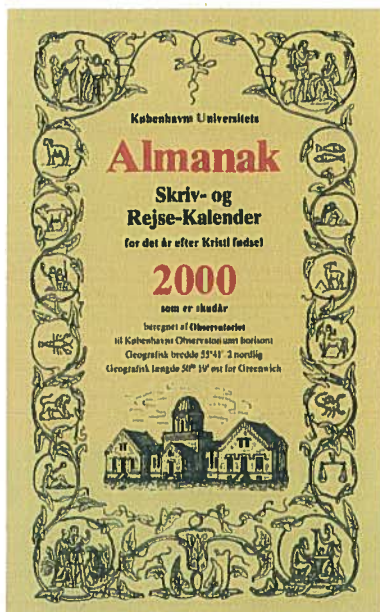
Forventningsfulde elever venter på at iagttage solformørkelsen i august 1999

PERSPEKTIV-KASSE

3

I slutningen af aktiviteten på side 26-27 er der gengivet en rysthåndet tegning af solbilleder på et ark millimeterpapir.

- Bestem ud fra de givne oplysninger Jordens omløbstid om sin akse.
- Bestem også Solen diameter.



I Københavns Universitets Almanak, *Skriv- og Rejsekalenderen*, kan man finde oplysninger om sol- og måneformørkelser. Almanakken indeholder også oplysninger om planeternes positioner, Solens op- og nedgang og meget mere

PERSPEKTIV- KASSE

4

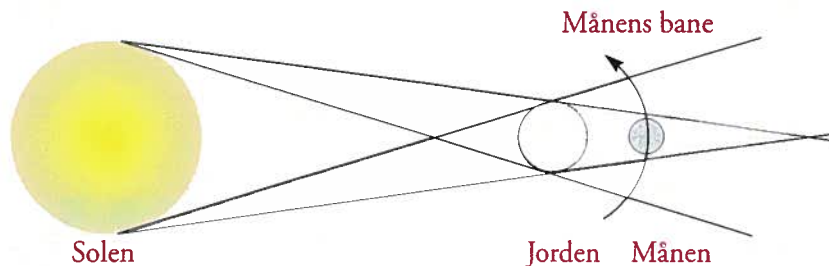
Skriv en A-4 side, hvor du med tekst og tegninger besvarer følgende spørgsmål:

- Gør rede for Månens bevægelse og omløbstid.
- Gør rede for Månens faser.
- Hvorfor har vi tidevand?
- Hvordan opstår en måneformørkelse? Hvorfor er der ikke formørkelse ved hver fuldmåne?

MÅNEFORMØRKELSE

En måneformørkelse indtræffer, når Månen bevæger sig ind i Jordens skygge. Den optræder altid ved fuldmåne. En iagttagere på Jorden ser

Måneformørkelse:



først Månen bevæge sig ind i Jordens halvskygge og derefter i dens kerneskygge.

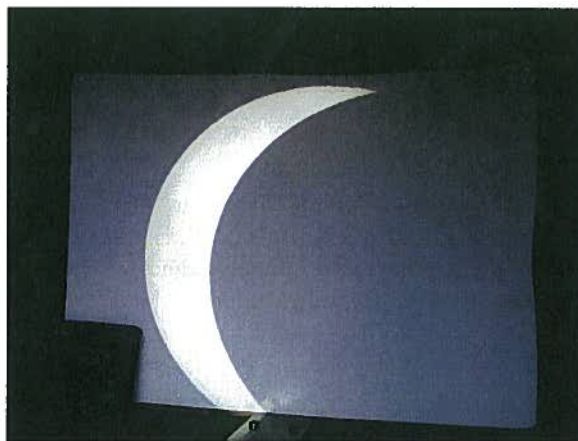
En måneformørkelse er ikke så spektakulær som en solformørkelse. Til gengæld kan man se den fra hele Jordens natside. Man kan hele tiden se måneskiven, men lysstyrken ændres meget.

Øvelse 4.2: Måneformørkelse

Forestil dig, at du er journalist og skal skrive en lille artikel om en måneformørkelse, der indtræffer om et par dage. Artiklen, der i håndskrift skal fylde ca. to A-4 sider, skal indeholde:

- Tegninger, der illustrerer formørkelsen.
- En kort og præcis tekst, der forklarer, hvad en måneformørkelse er. Teksten skal indeholde en omtale af begreber som kerneskygge, halvskygge, total formørkelse og partiel formørkelse.

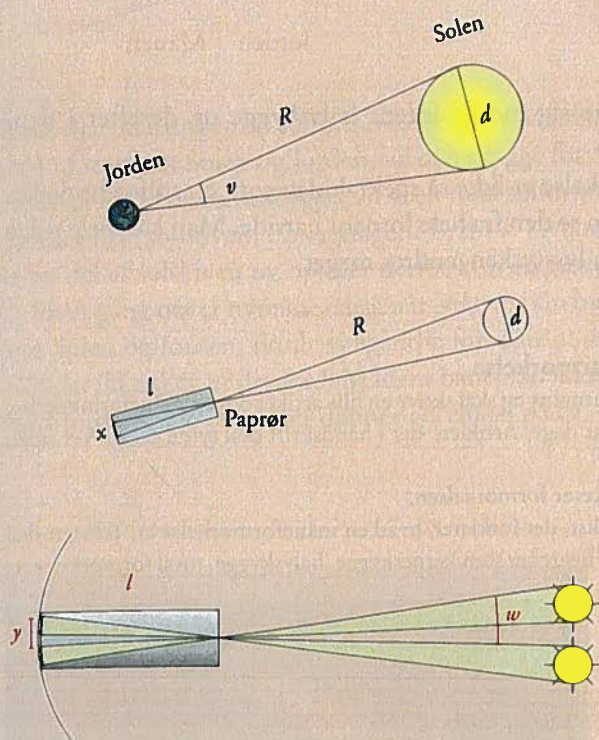
Sådan så Solen ud under den partielle formørkelse i 1999. Fotografen har ladet et mindre teleskop projicere et billede af Solen på en mørk plade, som han herefter har fotograferet



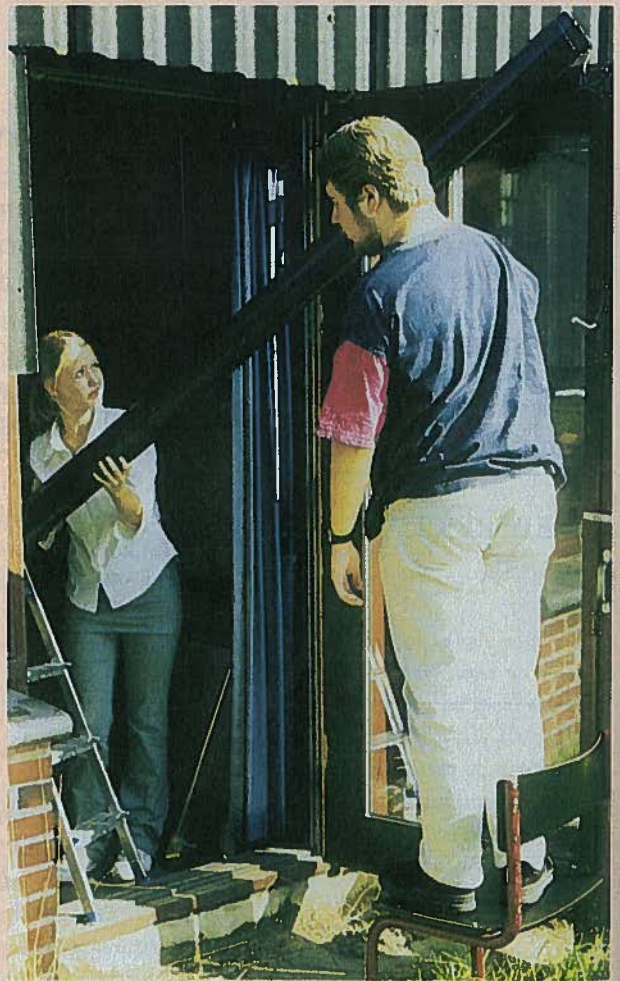
Aktivitet: Solens diameter og Jordens rotationsperiode

Formålet er at bestemme Solens størrelse og døgnet's længde ved hjælp af et paprør.

Tegninger og fotografi viser ideen i forsøget. Et paprør eller et PVC-rør lukkes med et stykke smørbrødspapir (evt. millimeterpapir) i begge ender. Det bedste er et ret langt rør. Hos en tæppehandler kan man fx få et to meter langt paprør fra en tæpperulle. I den ene ende prikkes et hul midt i papiret, fx med et søm. Røret monteres i et stativ, så hullet peger mod Solen. Der dannes et billede af Solen på papiret i den anden ende af røret.



Mål rørets længde l . Markér forsigtigt Solens omrids på papiret og mål solbilledets diameter x . Start et stopur. Efter ca. ti minutter aftegnes solbilledet igen og stopuret standses og tiden t aflæses. Mål den afstand y , billedet af Solen har flyttet sig.



Mathilda og Martin gør solkikkerten klar

Beregning af Solens diameter:

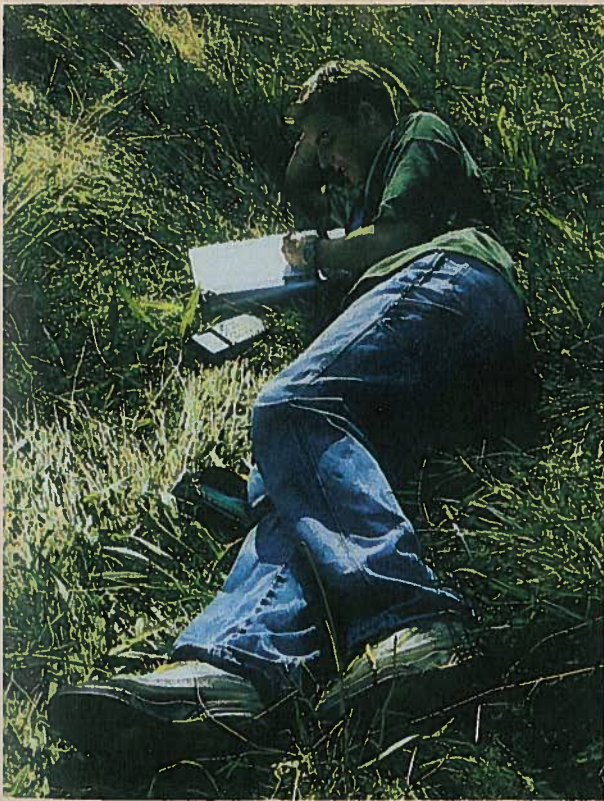
Af den midterste tegning til venstre kan vi se, at der er samme forhold mellem d og x som mellem R og l (de to trekanter er ensvinklede), dvs.:

$$\frac{d}{x} = \frac{R}{l}$$

eller ved at gange med x på begge sider:

$$d = x \cdot \frac{R}{l}$$

Da vi ved, at Solens afstand $R = 150.000.000.000$ m eller $1,5 \cdot 10^{11}$ m, og da vi har målt x og l , kan vi heraf beregne Solens diameter.



Efter målingerne kommer databehandlingen

Beregning af døgnets længde:

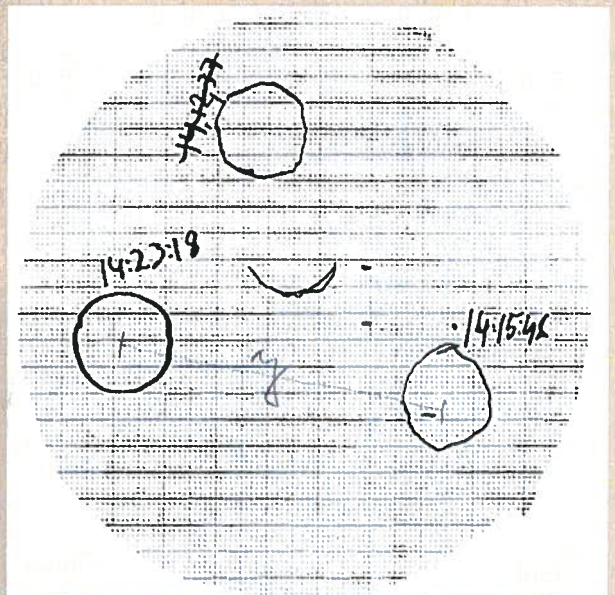
I løbet af tiden t har billedet af Solen flyttet sig stykket y på en cirkel med radius l . Hele cirkelens omkreds er $2 \cdot \pi \cdot l$ svarende til en vinkel på 360° . Da billedet af Solen flytter sig stykket y , udgør vinklen w samme brøkdel af 360° , som y gør af omkredsen:

$$\frac{w}{360^\circ} = \frac{y}{2 \cdot \pi \cdot l}$$

Heraf finder vi:

$$w = \frac{y}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot 360^\circ$$

- Beregn ud fra de målte størrelser vinklen w .
- Beregn, hvor lang tid det tager Solen at flytte sig 1° på himlen.
- Beregn, hvor lang tid det tager Solen at flytte sig 360° .



Eksempel på mm-papir med aftegnede solbilleder. Der er brugt et 2,0 meter langt rør