

Orbiter Planetarium

Hubbard Scientific

Indledning

Orbiter består af bevægelige, videnskabelige modeller, der repræsenterer solen, jorden og månen og deres indbyrdes forhold. De er beregnet til at demonstrere de grundlæggende årsager til nat og dag, årstidsvariationer og månens faser. Solen viser belysningen af jorden med dag og nat områder på forskellige årstider. Flere af de vigtige relationer, der kan vises med Orbiter, skitseres i det følgende.

Orbiter er blevet skaleret, så den viser de relative størrelser, afstande og bevægelser af jorden og månen. Men det er umuligt helt at vise skalaforholdene med en model af denne størrelse.

Jorden og månen vises i deres sande målestoksforhold. Skalaen er 1 cm = 1275 km (1" = 2000 miles). Hvis solen skulle vises med samme målestoksforhold, bør den have en diameter på over 10 meter.

Afstandsskalaen i Orbiter kun relativ. Den viser afstanden mellem solen og jorden som større end afstanden mellem jorden og månen. Hvis afstandene blev vist i deres sande målestoksforhold, vil afstanden mellem jorden og månen være ca. 3 meter, og solen vil være ca. 1200 meter fra jorden. De faktiske størrelser og afstande er vist i figur 1.

Når Orbiter flyttes fra den ene månedlige position til den næste drejer månen omkring jorden. Desuden drejer månen om sin egne akse ca. én gang om måneden. Jorden drejer omkring solen én gang om året og drejer sig om sin egne akse 365,25 gange på et år. Det kan ikke lade sig gøre at få jorden til at dreje 365,25 gange for hvert omløb med en Orbiter som denne. Derfor ses jorden at dreje om sin akse færre gange end i virkeligheden. Dette må man holde for øje for ikke at misforstå jordens bevægelse. De rigtige omløbs- og omdrejningstider kan også ses i figur 1.

Grundlæggende forsøg med Orbiter

- 1) Hvordan forårsager jordens rotation nat og dag?
- 2) Hvordan er jordens omløb om solen og omdrejningsaksens hældning årsag til årstiderne?
- 3) Hvorfor stiger solen op i øst og går ned i vest?

- 4) Hvordan er jordens omløb omkring solen og aksehældningen årsag til ændringer i længden af dag og nat?
- 5) Hvorfor ændres længden af skumringstiden ved forskellig årstider og breddegradstal?
- 6) Hvorfor findes der en midnatssol ved høje breddegrader?
- 7) Hvorfor findes der månefaser?
- 8) Hvorfor ser vi kun den ene side af månen?
- 9) Hvorfor sker der sol- og måneformørkelser?
- 10) Hvorfor findes der tidevande?

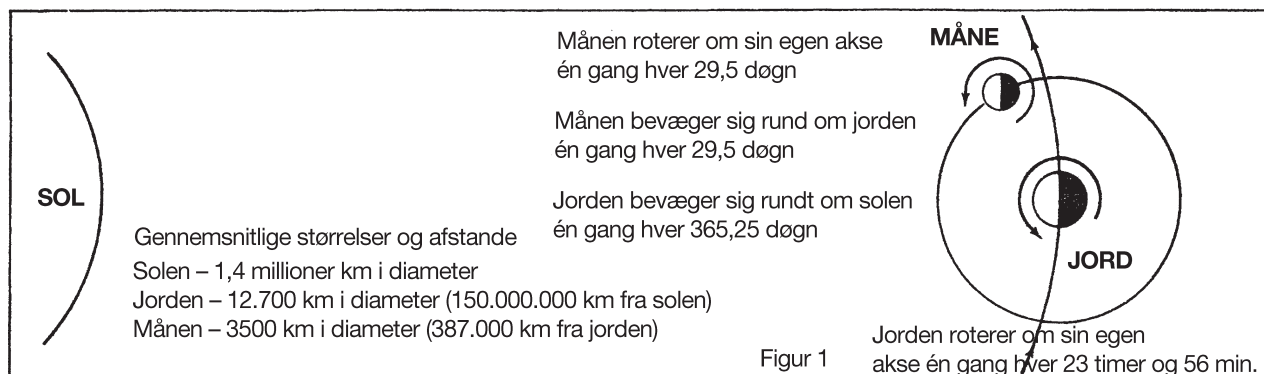
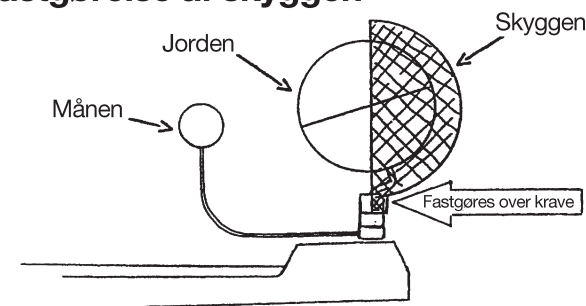
Orbiter

Der er fire hovedkomponenter til Orbiter: solen, jorden, skyggen og månen. Solen repræsenteres af en 15 cm diameter gul kugle og månen af en noget mindre kugle.

Jordens og månens bevægelser fremkommer ved håndkraft. Gearkassen får jorden til at dreje sig om solen med dens akse korrekt orienteret i forhold til solen. Jordkuglen drejes med håndkraft for at vise dens rotation om egen akse. Månen kan også drejes med håndkraft for at vise dens bane omkring jorden.

En speciel transparent halvkugle ("skyggen") placeres omkring halvdelen af jorden, der vender bort fra solen, og repræsenterer natten. En dato-skive kan anvendes til at vise det eksakte jord-sol forhold på en vilkårlig årstid. (Kun produkt #101)

Fastgørelse af skyggen



Dag og nat

En af de vigtigste og mest grundlæggende demonstrationer er forklaringen på, hvordan dag og nat skabes på jorden. Solens indstråling belyser altid netop halvdelen af jordkuglen, der vender mod solen. Denne side er naturligvis dagsiden, og halvdelen, der vender bort fra solen svarer til natten. Når Orbiter anvendes, repræsenterer den gennemsigtige nathalvkugle halvdelen af jorden, der er i mørke.

For at vise dag og nat, drej jorden ét komplet omløb, og bemærk, hvordan din lokalitet flytter sig mellem lys og skygge. Drej jorden fra vest mod øst med håndkraft, når den almindelige Orbiter anvendes (modsat urets omløbsretning set oven fra Nordpolen).

Solopgang og solnedgang

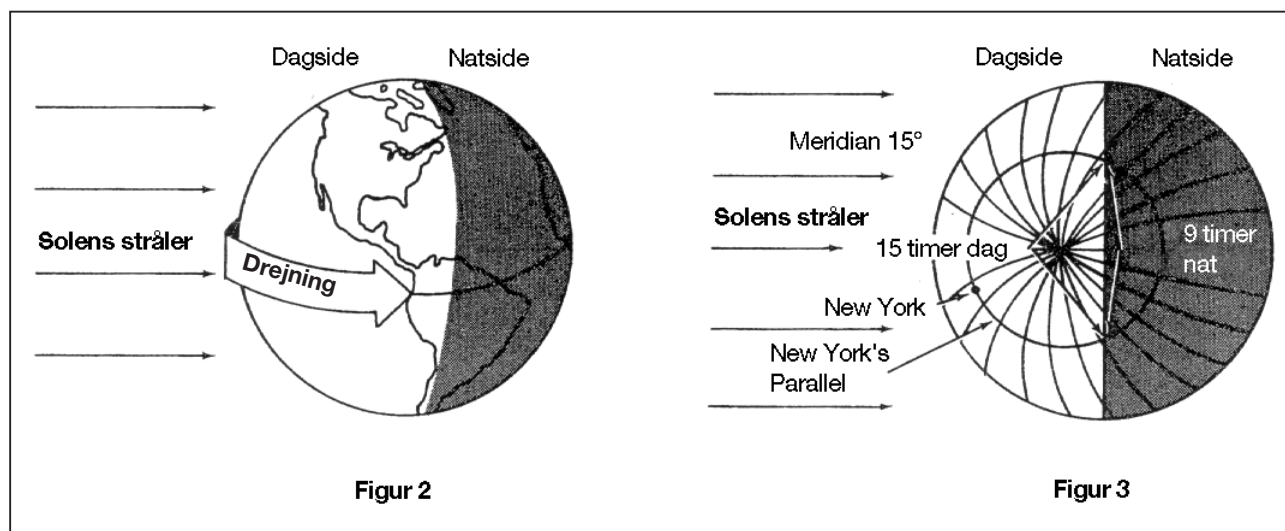
Når jorden drejer fra vest mod øst, iagttager man, at når din lokalitet går ind i mørke, ses solen mod vest. Eftersom solen drejer videre, ser man, at når din lokalitet går ind i et lyst område, synes solen at være mod øst i forhold til din lokalitet. Læg mærke til, at det jo ikke er solen, der flytter sig. Det er jordens rotation, der giver indtrykket af, at solen flytter sig på himlen fra øst mod vest.

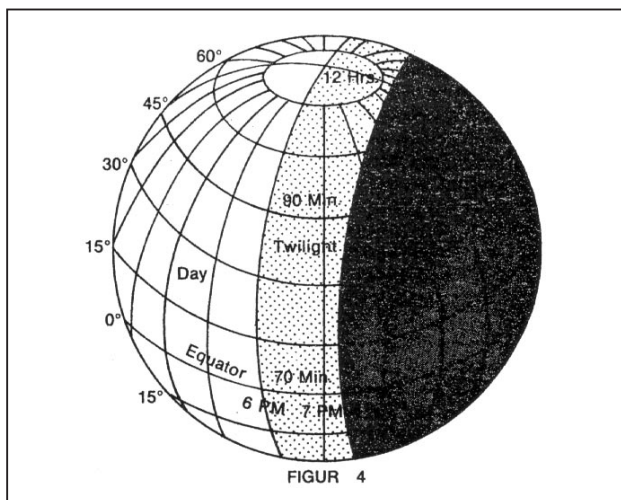
Dagens længde

Den kendsgerning at dagens og nattens længde ændrer sig med årstiderne kan let demonstreres ved hjælp af Orbiter modellerne. For jorden som helhed er dagene længere om sommeren og kortere om vinteren, dog således at de på jordens ækvator altid har en længde på netop 12 timer.

Orbiter modellerne kan demonstrere dagens og nattens timer et vilkårligt sted på jorden til et vilkårligt tidspunkt. For eksempel for at illustrere dagens længde i København den 21. juni (sommersolhverv), indstil "jorden" for denne dag og drej modellen, således at København er på dagsiden som vist i figur X. Afstanden mellem længdegradstercirklerne er 15° svarende til vinklen, som jorden drejer på én time. For at definere områderne med nat og dag, anvendes nathalvkuglen med "Orbiter". Man vil hermed kunne iagttage, at der er ca. 18 timers dagslys og 6 timers nat den 21. juni i København. Drej jorden til positionen svarende til 10. februar og optæl timerne for København. Det bør vise sig, at der er ca. 8 timers dagslys og 16 timers nat i dette tilfælde. Tilsvarende forsøg kan naturligvis gennemføres for alle lokaliteter og årstider.

Det er muligt at finde klokkeslættet for solopgang og solnedgang for enhver lokalitet og årstid. For eksempel for at finde klokkeslættet for solnedgang og solopgang for København den 21. juni, følg da den ovennævnte procedure for at finde dagens længde. Finder man f.eks. 18 timer, ved man så, at solen står op ca. 9 timer før lokal middag (når solen kulminerer - altså når din højeste elevationsvinkel). Fordi man anvender sommertid vil kulminationsstidspunktet være ca. kl. 13 lokal tid. Solopgangstidspunktet er derfor ca. kl. 04. Tilsvarende bliver solnedgang denne dag ca. kl. 22. De eksakte værdier kan efterprøves ved opslag i Skrive- og Rejsekalender (eller ved observation!).





Midnatssolen

Midnatssolen kan også demonstreres ved hjælp af Orbiters. Drej jorden til positionen svarende til 21. juni. Iagttag, at området nord for polarcirklen kommer aldrig i skygge, når jorden drejes på sin akse. Som alle skandinaver ved, har dette område 24 timers dagslys og kaldes for "midnatssolens land".

Drej jorden så halvvejs rundt om solen hen til 22. december. Iagttag så, at de antarktiske områder omkring Sydpolen vil dag opleve 24 timers dag, mens de arktiske områder vil på denne årstid opleve 24 timers nat.

Skumring og morgengry

Mens din lokalitet passerer fra dag til nat eller fra nat til dag er der en skumringsperiode/morgengry mens solen passerer horisonten. Det er mørkt, når solens midtpunkt er mindst 180 under horisonten. Studér figur 4. Diagrammet viser skumringsområdet den 21. marts (eller 23. september). Det kan ses, at skumringsperioden varierer ved forskellige breddegrader. Ved 75° N og 75° S er der 12 timers skumringstid; ved 45° N og 45° S er der 90 minutters skumring, mens der ved ækvator er 70 minutters skumringstid.

Sæt Orbiter til forskellige datoer, og forestil dig en 18° skumringsområde. Læg mærke til, at skumringsperioden varierer ikke kun med breddegradstallet men også med årstiderne. Det kan ses, at skumringstidens varighed er længere ved højere breddegradstal og i sommerperioden.

Årstiderne

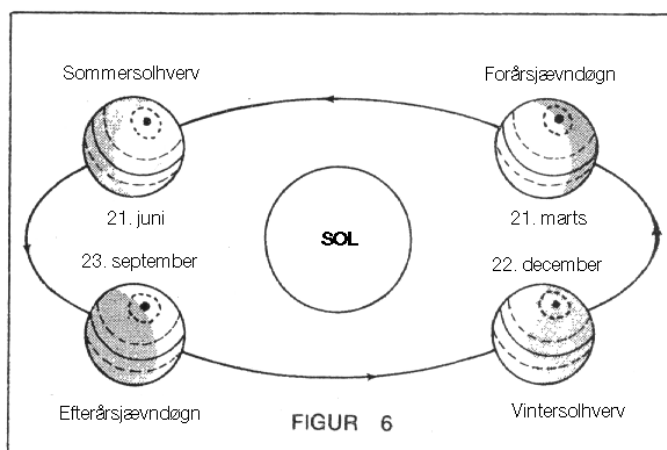
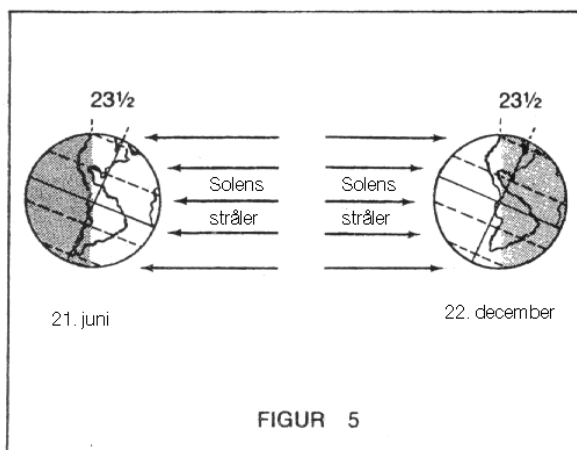
Samtidig med at jorden drejer på sin akse, bevæger den sig i sin bane omkring solen. Jordens rotationsakse hælder altid $23\frac{1}{2}^\circ$ i forhold til baneplanen. Aksen peger altid i samme retning i rummet, nemlig mod Nordstjernen. Kombinationen af jordens bevægelse omkring solen og jordaksens hældning forårsager årstiderne, som vi oplever på jorden.

For at demonstrere, hvorfor der findes forskellige årstider, flyt armen, der bærer jorden, således at viseren på dataskiven viser 21. juni. Den nordlige halvkugle vender nu mod solen i dagtimerne, og det ses, at solens stråler rammer hovedsagelig den nordlige halvkugle. Det er nu sommer i den nordlige halvkugle og vinteren i den sydlige halvkugle.

Drej jorden modsat urets omløbsretning omkring solen indtil viseren når frem til 23. september på dataskiven. Middagssolen er nu direkte oven over ækvatoren, og det er efterår i den nordlige halvkugle og forår i den sydlige.

Fortsat med at dreje jorden modsat uret, indtil at skiveviseren når frem til den 22. december. Nordpolen hælder nu bort fra solen, og solens stråler er koncentreret på den sydlige halvkugle, hvor det så er sommer, mens den nordlige halvkugle oplever vinter.

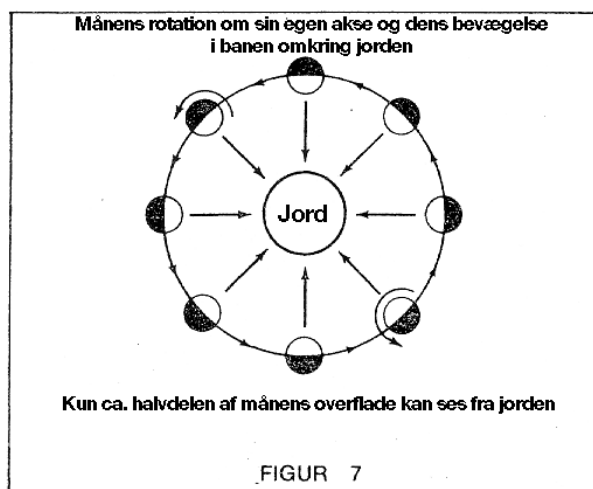
Fortsat med at dreje jorden frem til positionen svarende til den 21. marts. Solen er igen direkte over Ækvator. Det er efterår i den sydlige halvkugle og forår i den nordlige. Gør nu jordens bane omkring solen færdig ved at lade jorden vende tilbage til 21. juni stillingen. Du har nu demonstreret alle årstiderne.



Månen

I en middelfaststand på ca. 385.000 km er månen jordens nærmeste nabo. Med praktisk taget ingen atmosfære når overfladen en dagtemperatur på omkring 1000 C og en nattemperatur på -1600 C. Den mest iøjnefaldende karakteristisk egenskab ved månen er dens kratere, der forekommer over alt på dens overflade. Blandt de mest synlige geografiske træk er de store højsletter, kaldet "maria" (månehav), der er lidt mørkere end resten af månens synlige overflade og som dækker ca. halvdelen af den. Bjergkæder på månen rækker op til højder på et godt stykke over 6000 meter. Månen betragtes af de fleste som gold og uden nogen form for liv - en ørken mere bar og ugæstfri end nogen på jorden.

De grundlæggende bevægelser, faserne og måneformørkelserne kan demonstreres ved hjælp af Planetariet. Mens jorden flyttes måned for måned, bevæger månen sig modsat urets omløbsretning set fra oven. I virkeligheden drejer månen sig hele vejen omkring jorden én gang hver $29\frac{1}{2}$ døgn. Desuden roterer månen samtidig om sin akse én gang hver $29\frac{1}{2}$ døgn (også modsat uret). Disse bevægelser fremgår af figur 7. Tidsrummet på $29\frac{1}{2}$ døgn fra fuldmåne til fuldmåne kaldes for den synodiske måned. Den faktiske omløbstid er $27\frac{1}{3}$ døgn. Den ekstra tid, der skal til, for at nå op på en ny fuldmåne skyldes, at jorden samtidig har flyttet sig ca. $\frac{1}{13}$ af vejen i sin egen bane omkring solen i løbet af måneden.

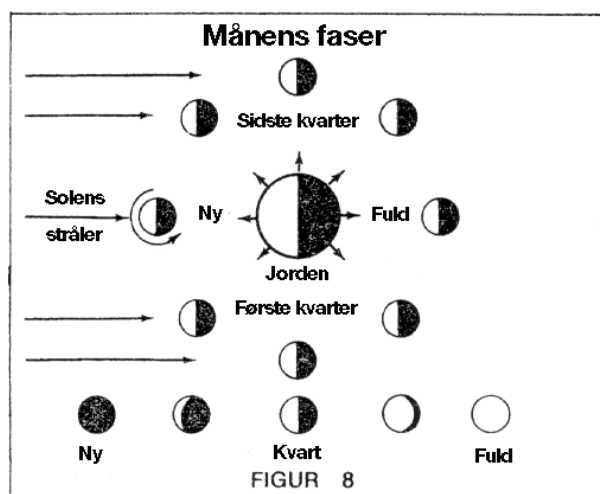


Vi ser kun én side af månen

Fordi månen laver kun ét omløb om sin egen akse samtidig med, at den drejer sig i sin bane omkring jorden, ser vi kun den ene side af månen. For at demonstrere dette fænomen flyttes månen manuelt, når den almindelig Orbiter anvendes. Hvis månen ikke roterede om sin akse, eller hvis den roterede mere end ét omløb, vil der være mulighed for at se hele måneoverfladen. I virkeligheden ser vi op til 59% af månens overflade i løbet af et tidsrum, dels fordi månens baneplan omkring jorden ikke er parallel med jordens baneplan omkring solen, og dels fordi jorden gynger lidt frem og tilbage omkring en ligevægtsstilling mens den drejer omkring jorden.

Månens faser

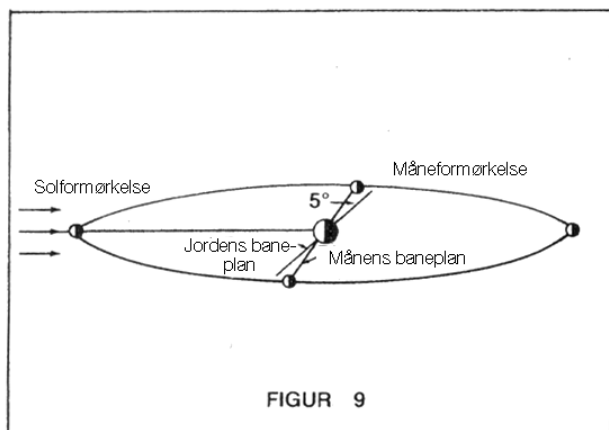
Halvdelen af månen, der vender mod solen, er altid belyst undtagen under en måneformørkelse. Når overfladen ses fra jorden, ændrer det belyste område sin facon, afhængig af de relative positioner af jorden, månen og solen. For at vise månefaser ved hjælp af Orbiter, drej månen omkring jorden, idet man holder månen således, at den lyse halvdel hele tiden vender mod solen. Se på månen som om du selv befinder dig på jordmodellen, mens månens position flyttes. Bemærk, hvordan den belyste del af månen ændrer sig fra månesejl til fuldmåne som vist i figur 8.



Måne- og solformørkelser

Når man anvender Orbiter modellen, kunne det ser ud til, at månens skygge vil nå jorden, hver gang, der er nymåne, og at jordens skygge bør nå månen, hver gang, der er fuldmåne. Disse måne- og solformørkelser sker dog sjældent i virkelighedens verden, fordi jordens baneplan omkring solen og månens baneplan omkring jorden ikke er parallelle. Månens baneplan hælder ca. 5° i forhold til jordens. Se figur 9. En konsekvens heraf er, at skygger fra jorden eller månen som oftest ender ud i rummet, fordi månen i almindelighed vil befinde sig ovenover eller under den skyggerne, når solen, jorden og månen er (næsten) på linie. Månens bane skifter hele tiden i forhold til jorden, samtidig med at jorden bevæger sig i sin bane omkring solen. Nymånen eller fuldmånen ind i eller tæt ved jordens baneplan ca. én gang hver halve år. Det er kun ved disse lejligheder, at månens skygge kan ramme jorden eller omvendt for dermed at forårsage en sol- eller måneformørkelse.

En måneformørkelse forekommer, når jorden befinder sig mellem solen og månen, og en solformørkelse forekommer, når månen befinder sig mellem solen og jorden. Betragt figur 9 for at indse, hvordan jord-månesystemet drejer sig omkring solen, og hvordan der er to perioder, når solen-jorden-månen ligger præcist på linie. Disse tidspunkter sker med seks måneders mellemrum. Der forekommer mindst to solformørkelser om året, og der kan være helt op til fem. Hvad måneformørkelser angår kan der være fra ingen og op til tre årligt.



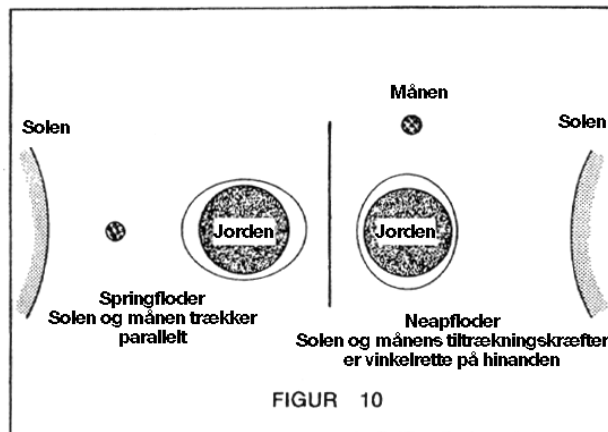
FIGUR 9

Tidevand

Havoverfladen et vilkårligt sted på jorden stiger og flader to gange om dagen på grund af tyngdetiltrækningen af månen og solen på jorden. Denne stigning og fald i havoverfladen opleves som tidevande. Der er to gange højvande og to gange lavvande dagligt, idet vandet stiger i løbet af en sekstimersperiode efterfulgt af seks timer, hvor vandstanden falder. Tyngdetiltrækningen på vandet fra månen er ca. dobbelt så stor som tiltrækningen fra solen, fordi månen er så meget nærmere jorden end solen.

Når solen, jorden og månen er på linie er tyngdetiltrækningen maksimal, og derfor er tidevandsvirkningen størst. Dette sker to gange om måneden, dels ved fuldmåne, og dels ved nymåne. Tidevandene ved disse tidspunkter hedder springflod. Ved første kvarter og sidste kvarter danner en linie til solen og en linie til månen en retvinkel. Tyndetiltrækningen fra de to himmellegemer virker ikke sammen, således at tidevandsvirkningen er minimal. Tidvandene på disse tidspunkter hedder neaptidevande. Figur 10 illustrerer springfloder og neapfloder.

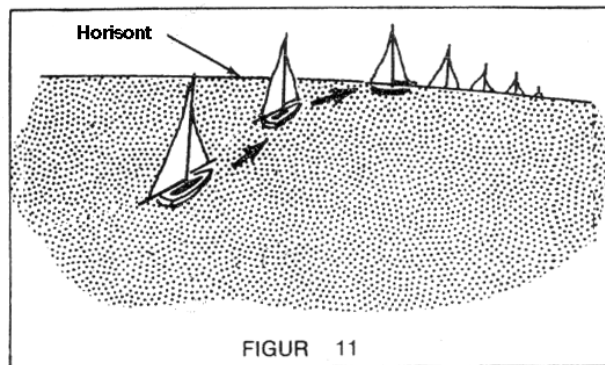
Mens Orbiter demomodelerne ikke kan vise selve tidevandene, kan de anvendes til at vise de relative placeringer af solen, månen og jorden for de forskellige tidevandstyper.



lagttagelser og aktiviteter

Jorden er kugleformig

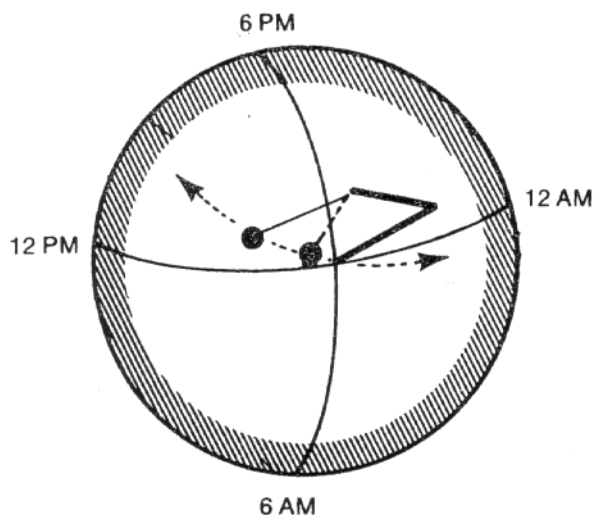
Måske én af de mest overbevisende argumenter for, at jorden er kugleformig, er iagttagelsen af skibe, der gradvist synes at forsvinde under horisonten, når de sejler bort over havet. Monterer man en kikkert på en klippe ved havet, ser man skroget forsvinde først efterfulgt af masterne, jfr. figur 11. Tag en almindelig globus og flyt rundt med et skib for at illustrere, hvad der sker. Sammenhold med situationen, når et skib flyttes rundt på en vandret overflade. På hvilke andre måder kan man eftervise, at jorden er kugleformig?



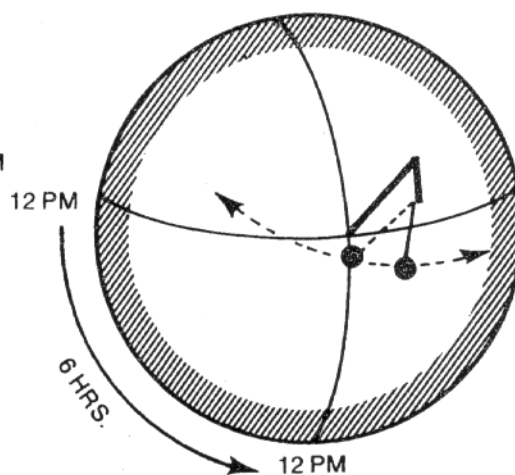
Jorden drejer på sin akse

For at vise at jorden roterer på sin akse udviklede J.B.L. Foucault et pendulforsøg. Under hvert sving syntest pendulets svingningsplan at dreje gradvist i urets omløbsretning i løbet af dagen. Fordi at pendulets svingningsplan kunne formodes ikke at ændre sig, sluttede Foucault, at gulvet under pendulet - eller rettere jorden - roterede. For at eftervise denne observation får man brug for en snor eller tråd på minimum tre meter samt et lod på minimum to kilogram. Den kan f.eks. placeres ved en høj trappegang, hvor der ikke er påvirkning fra luftstrømninger. Start pendulet, så det svinger lige. Tegn en kridtstreg i loddets oprindelige bevægelsesretning. Bemærk efter 15-20 minutter, at pendulets svingningsplan synes at være drejet i forhold til det oprindelige plan. I virkeligheden svinger det som før, men gulvet har drejet sig med jorden.

Ved polerne vil jorden gennemføre én fuldstændig drejning under pendulet i løbet af et døgn. Derimod ved Ækvator vil der ikke være nogen ændring i pendulets bane i forhold til jordoverfladen. Figur 12 viser pendulets bane i forhold til den roterende jord.



Pendulet påbegynder svingning kl. 12:00



6 timer senere svinger pendulet i samme retning, men jorden har drejet sig 90° under det.

FIGUR 12

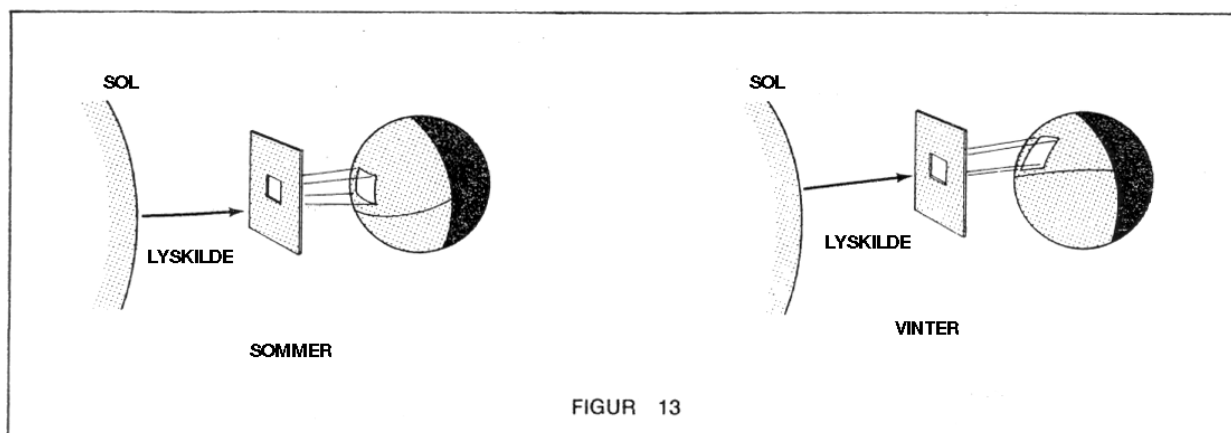
Hældningen af jordens rotationsakse giver årstiderne

Årstidernes variation er afhængig af hældningen af jordens akse og jordens bevægelse i banen omkring solen. Dette kan vises ved at skære en ca. 20x20 mm stort hul i et papkort og ved at belyse Orbiter med en lommelygte. Indstil Orbiter til den 21. juni. Den nordlige halvkugle vender nu mod solen, og det er sommer. Lad lysstrålerne passere gennem det kvadratiske hul. Man kan iagttage, at strålerne rammer jorden på et næsten kvadratisk område. Indstrålingens opvarmingsvirkning vil derfor være stor på grund af det næsten lodret solindfald. Vend Orbiter nu om, således at den er indstillet til 22. december, og gentag forsøget. Flyt kortet, således at lysstrålerne falder på den nordlige halvkugle. Indstrålingen rammer nu et større areal, således at opvarmingsvirkningen bliver reduceret. Der opleves nu vinter i den nordlige halvkugle. Se figur 13.

Jorden drejer omkring solen

Den tilsyneladende østlige bevægelse af solen langs ecliptic på himlen i løbet af året skyldes jordens bevægelse i sin bane omkring solen, men den er ikke bevis på jordens bevægelse. Den gamle astronom Ptolemæus opstillede en teori om, at solen bevægede sig omkring jorden, og denne teori blev accepteret i flere århundreder. I det 16. århundrede foreslå den polske astronom Kopernikus, at solen er solsystemets centrum, og at jorden drejer sig omkring solen. Denne teori har vist sig at være korrekt.

Det er muligt at vise solens tilsyneladende bevægelse i forhold til stjernebaggrunden og dermed at sammenholde Ptolemæus og Kopernikus teorier. Du kan forestille dig dette ved at stå midt i et lokale og dermed repræsentere en iagttager på jorden. En anden person kan så gå i en cirkel omkring dig med en lyskilde, der repræsenterer solen. Lyskilden passerer de forskellige billeder mm. på vægen bag ved, idet de så repræsenterer stjernebilleder. Dette svarer til Ptolemæus teori. For at illustrere Kopernikus teori skal man placere lyskilden midt i lokalet og selv gå omkring "solen" i en cirkelbane. Igen ser det ud som om solen flytter sig i forhold til baggrunden. Figur 14 illustrerer dette forsøg.



FIGUR 13

Målinger af jordens størrelse

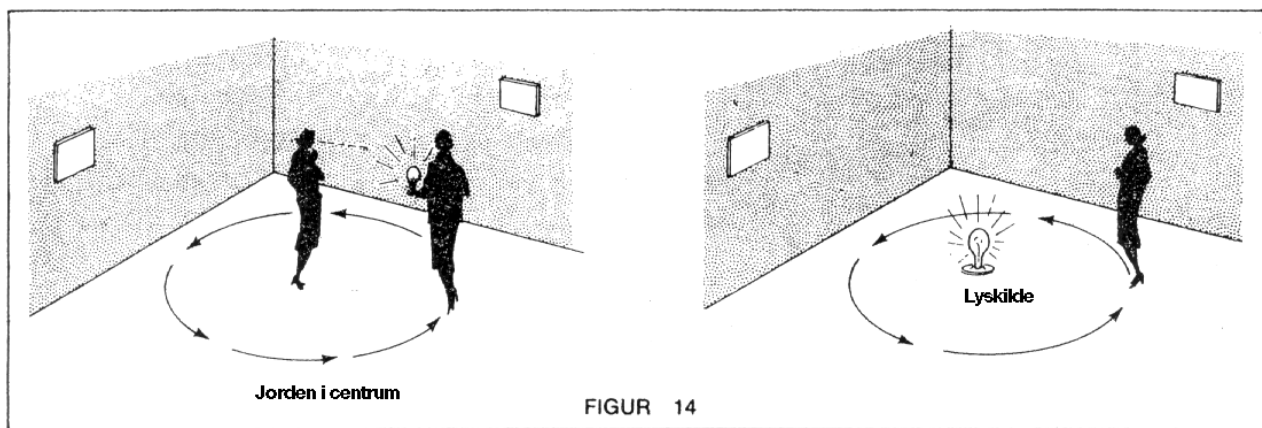
At finde jordens størrelse ved hjælp af direkte opmåling er en næsten umulig opgave. Derfor er man henvist til indirekte metoder. En græsk astronom Erasthstenes målte jordens diameter i år 250 f.kr. ved hjælp af enkle geometriske principper. Han vidste, at i byen Aswan (A) var solen lodret ovenover en iagttagers (altså i zenit) ved sommersonhverv ved middagstid. På samme dag midt på dagen i Alexandria (B) dannede solens stråler en skygge. Skyggen viste, at solen var 7,2 grader fra at være i zenit. Da han gik ud fra, at solen var meget langt borte, således at solens stråler var parallelle, og at Alexandria var 790 km mod nord i forhold til Aswan. Eratosthenes var således i stand til at beregne jordens størrelse som følger:

7,2 grader er ca. $1/50$ af hele omkredsen på 360 grader. Jordens omkreds må derfor være $50 \times 790 = 39.500$ km. Fordi diameteren af en kugle er ca. $1/3$ af diameteren, sluttede han at jordens diameter er ca. 13.000 km.

Projekter

Flere studieprojekter kan laves ved hjælp af Orbiters for at stimulere elevernes interesse og forbedre deres viden om emnet. Her er flere projektforslag:

- 1) Find solen retning ved solopgang og solnedgang set fra jeres lokalområde i december og i juni.
- 2) Undersøg tilsvarende retninger for et andet sted i verden, f.eks. Buenos Aires.
- 3) Lav et skøn af antal timers dagslys og mørke for jeres område ved sommer- og vintersolhverv.
- 4) Find frem til solopgangs- og nedgangstidspunkterne ved sommer- og vintersolhverv.
- 5) Find tilsvarende tidspunkter for Melbourne, Australien.
- 6) Undersøg solens elevationsvinkel ved middagstid ved sommer- og vintersolhverv for dit område. (Dette kan gøres ved at anvende en vinkelmåler på globusen med 90 graders mærket rettet mod zenit ved den aktuelle position på jorden. Solens elevationsvinkel kan så findes ved at sigte langs vinkelmåleren.)
- 7) Løs samme opgave for Singapore.
- 8) Find området på jorden, der har fuldstændig mørke hele dagen den 1. november.
- 9) Find området på jorden, der har 24 timers dagslys den 1. november.



A/S Søren Frederiksen, Ølgod
Viaduktvej 35 · DK-6870 Ølgod

Tel. +45 7524 4966
Fax +45 7524 6282

info@frederiksen.eu
www.frederiksen.eu

