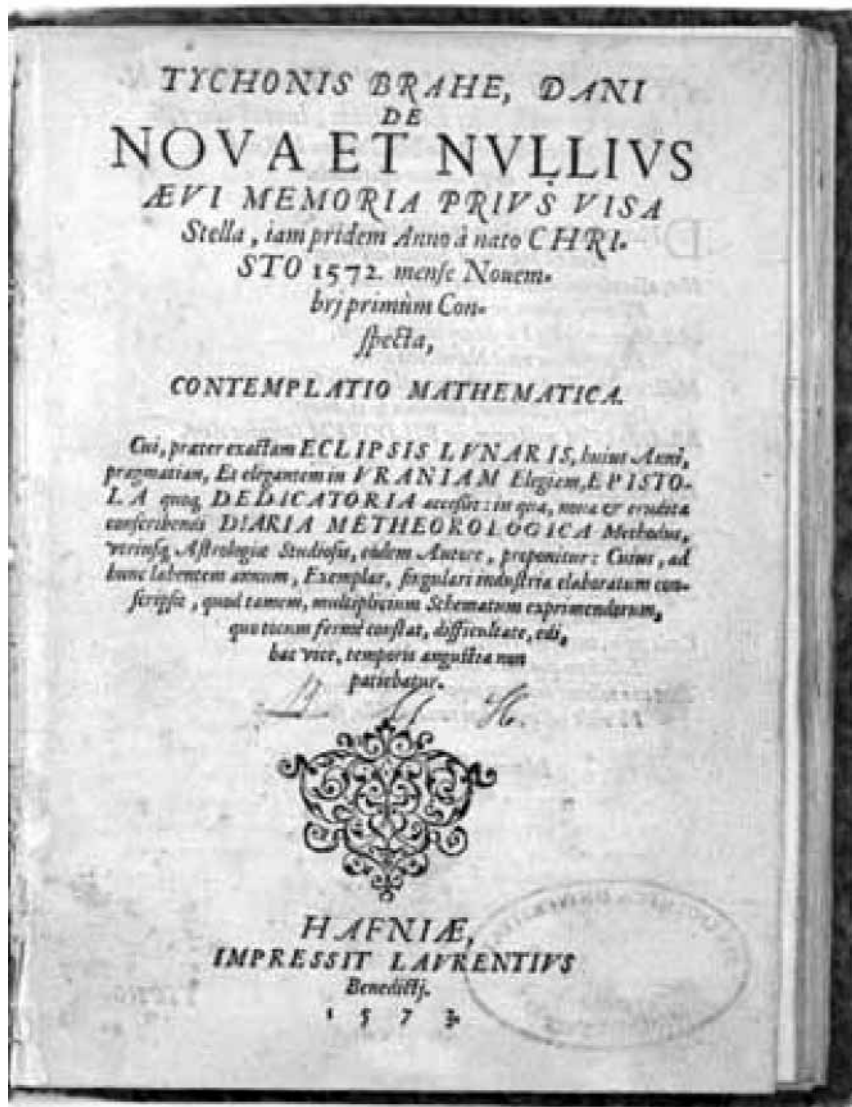


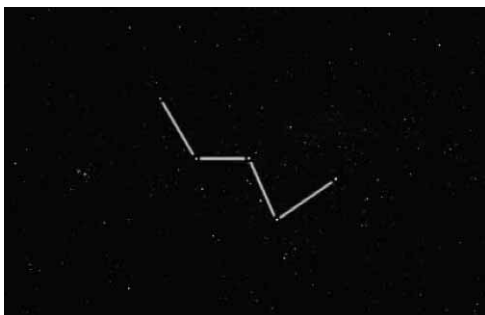
Mellem stjerner og planeter

Et undervisningsmateriale for folkeskolens 8. til 10. klassetrin om Tycho Brahes målinger af stjernepositioner samt ændringen af verdensbilledet som følge af målingerne.

Titelbladet fra Tycho Brahes bog „De Nova Stella“, udgivet i 1573. Oversat fra latin står der foroven på bladet: „Danskeren Tycho Brahes matematiske overvejelse over en ny stjerne, som aldrig i nogen tidsalders minde har vist sig, men nu for første gang blev observeret i november måned år 1572 efter Kristi fødsel.“



1 Tycho Brahes Stella Nova



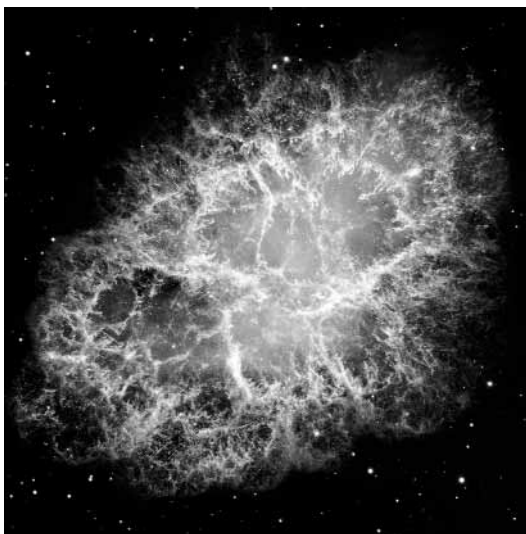
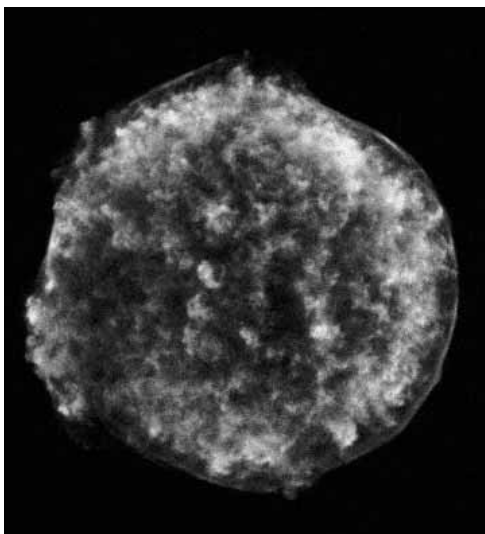
Figur 1. Tycho Brahes Stella Nova viste sig i stjernebilledet Cassiopeia.

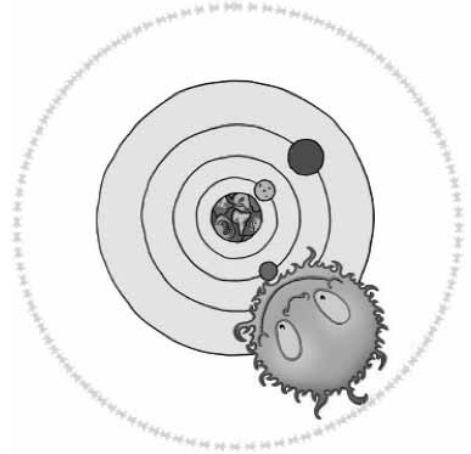
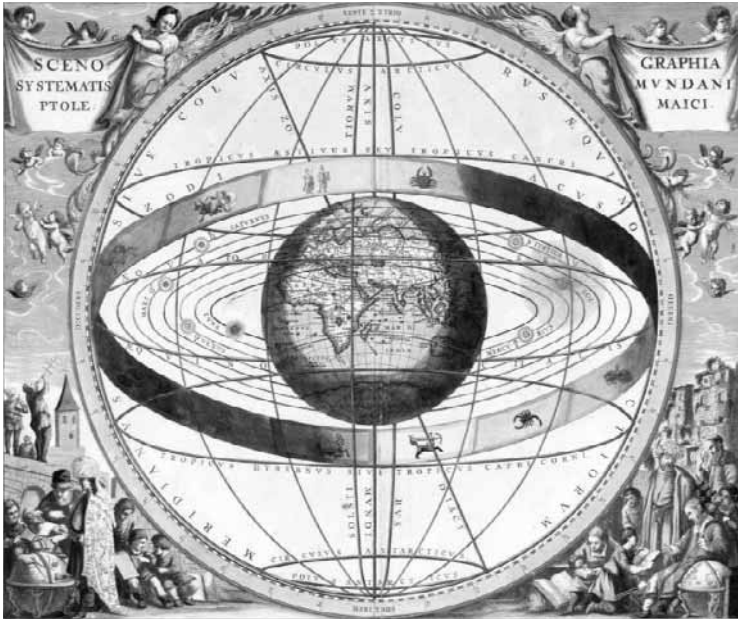
I november 1572 befandt Tycho Brahe sig hos sin morbror på Herrevad Kloster i Skåne. Det var derfra, han opdagede en ny stjerne på himlen i stjernebilledet Cassiopeia.

Han døbte den Stella Nova, som betyder „ny stjerne“ på latin, og betragtede den som „det største under siden verdens begyndelse“. I dag ved vi, at det han opdagede, var en eksploderende stjerne af den type, som kaldes en supernova. Den nye stjerne blev på himlen i 16 måneder, inden den forsvandt igen. På *Figur 2* ser du, hvordan Tychos supernova ser ud i dag. Et af de flotteste eksempler på en supernova-rest er Krabbetågen. Den eksploderede i år 1054 og blev observeret af nogle kinesiske astronomer.

Figur 2. Resterne efter supernovaen i år 1572, som Tycho observerede. Billedet er taget med røntgenteleskopet Chandra, fordi gassen stadig er så varm, at den udsender røntgenstråling. Højre: Krabbetågen, resterne efter en supernova, der eksploderede i vores egen galakse, Mælkevejen, i år 1054. Billedet er taget med Rumteleskopet Hubble.

Opgaverne i dette hæfte går ud på at måle positionen af Tychos Stella Nova på himlen så præcist som muligt med nogle af de samme metoder og instrumenter, som Tycho brugte.





Figur 3. På Tycho's tid troede man, at stjernerne og planeterne sad fast på noglekrystalkugle,r som drejede rundt om Jorden sammen med Solen.

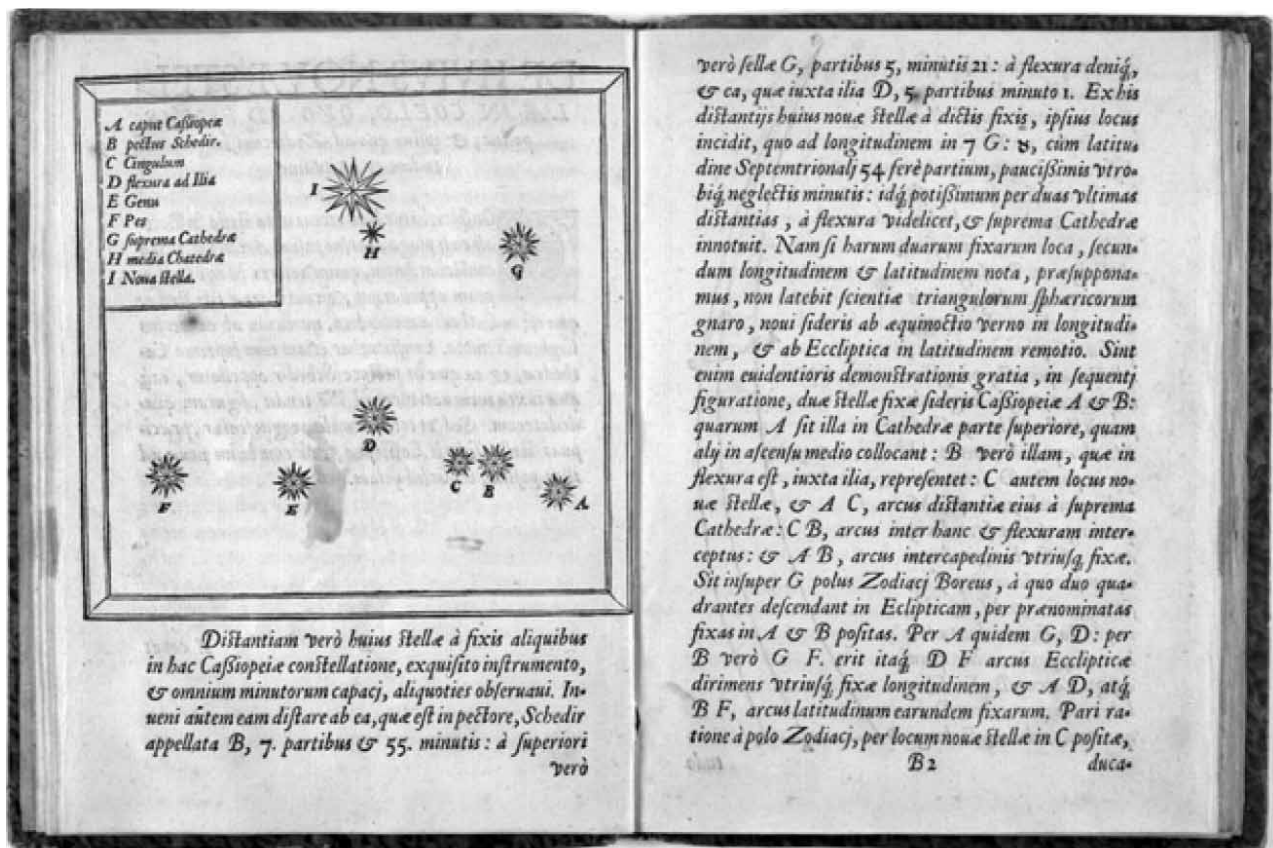
2 Jorden i midten

På Tycho's tid troede man, at planeterne og stjernerne sad fast på nogle krystalkugler, som drejede rundt om Jorden sammen med Solen som vist på *Figur 3*. Derfor bevægede stjernerne sig ikke i forhold til hinanden, og de kunne bruges som faste punkter, man kunne måle Stella Novas position i forhold til. Fordi Jorden befandt sig i centrum, kaldes dette verdensbillede for geocentriske efter det græske ord for Jorden, Gaia.

Et af Tycho's store projekter var skabelsen af en stor himmelglobus kaldet Globus Magnus. Han indtegnede alle de stjerner, han målte positionen af, på en stor træ-kugle, som på den måde blev til et stort kort over stjernerne på himlen. Desværre brændte Globus Magnus i 1728, men på *Figur 4* kan du se Tycho's egen tegning af den.



Figur 4. Globus Magnus. Tycho indtegnede alle de stjerner, han målte på himlen, på en stor himmelglobus i træ.



Figur 5. Her ser du, hvordan Tycho markerede Stella Novae position (bogstavet I) i forhold til stjernerne i Cassiopeia i sin bog „De Nova Stella“ fra 1573.

3 Skitse

Da Stella Nova viste sig på himlen i 1572, målte Tycho positionen af den i forhold til de andre stjerner i Cassiopeia, så han kunne forklare andre, hvor på himlen den nye stjerne befandt sig. På *Figur 5* kan du se, hvordan hans tegning så ud i bogen „De Nova Stella“, som Tycho fik udgivet i 1573 om den nye stjerne.

Opgave 1

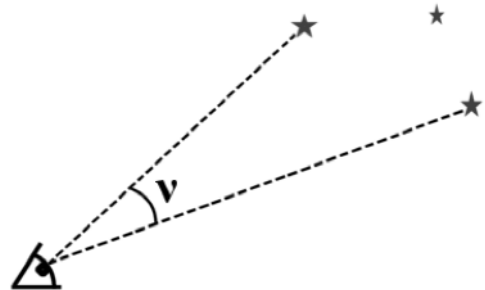
■ Lav en skitse af Cassiopeia og Stella Nova. Udvælg to referencestjerner (stjerner man måler i forhold til) med A og B.

Skitsen kan eventuelt forbedres ved hjælp af et koordinatsystem og koordinater på stjernerne.

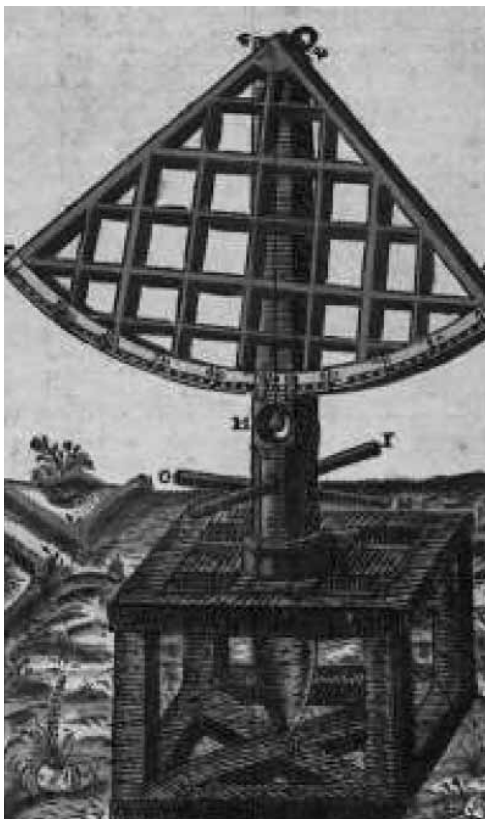
4 Tychos instrumenter

For at måle positionen af stjernerne mere præcist, er det ikke nok med en tegning. I stedet bliver vi nødt til at sætte nogle tal på. Forestil dig, at du var blind, og en kammerat skulle fortælle dig, hvor væggen var henne. Hvis han sagde „væggen er lige derovre“, ville du ikke blive meget klogere, men hvis han sagde „væggen er fem meter foran dig“, ville du vide, at der cirka var fem store skridt over til væggen. På samme måde med stjernerne. En måde at beskrive den afstand, stjernerne ser ud til at have fra hinanden på himlen, er ved hjælp af vinkler. Se *Figur 6*.

Man skal bruge to vinkler for at bestemme positionen af stjernen, ligesom man behøver både x og y i et koordinatsystem. Derfor skal I måle vinklerne mellem Stella Nova og to af stjernerne i Cassiopeia (A og B).



Figur 6. Vinklen mellem to stjerner er en måde at udtrykke stjernerens position på himlen, som man ser dem fra Jorden.



Figur 7.

Venstre: Et eksempel på et af Tychos instrumenter taget fra hans bog „Astronomiæ Instauratæ Mechanica“ („Astronomiske Mekaniske Instrumenter“). Instrumentet hedder en kvadrant og blev brugt til at bestemme stjernernes højde over horisonten.

Højre: Uranienborg på Hven.

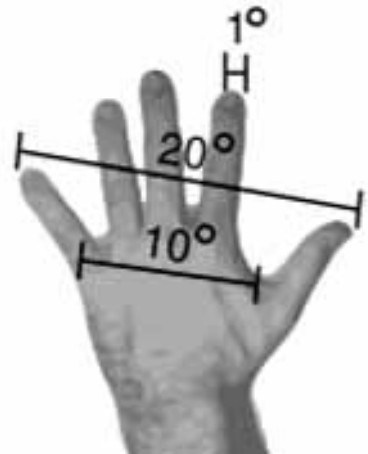
Kikkerten blev først opfundet omkring Tychos død, så de eneste hjælpemidler, Tycho havde til sine observationer, var forskellige sigteinstrumenter, som byggede på principper, man kendte helt tilbage i oldtiden. Tycho forbedrede sine instrumenter gennem hele livet, og selv efter kikkertens opfindelse gik der et stykke tid, inden nogen udførte flere og mere præcise målinger af stjernepositioner end Tycho.

De fleste af Tychos instrumenter blev fremstillet, mens Tycho boede på Uranienborg på øen Hven.



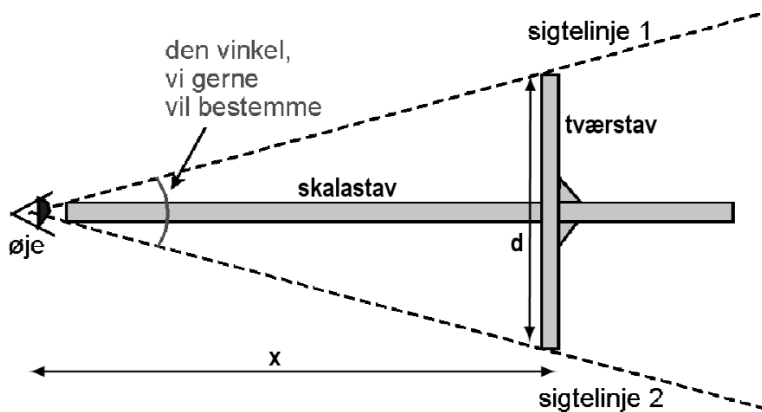
5 Simpel vinkelmåling

Det simpleste instrument, vi har til at måle vinkler med, er vores krop. Hvis du holder en knyttet hånd op foran ansigtet i strakt arm, vil den vinkel, du måler hen over knoerne, være ca. 5° . Hvis du derimod holder en strakt finger op, vil den tværs over svare til ca. 1° .



6 Vinkelmåling med jakobsstav

En jakobsstav er et simpelt vinkelmålingsinstrument, hvis historie kan føres tilbage til 1300-tallet. På *Figur 8* kan du se, hvordan en jakobsstav bruges til at måle en stjernes højde over horisonten. Jakobsstaven blev oprindeligt brugt som astronomisk instrument, men i 1600- og 1700-tallet blev den mest brugt til navigation af sejl-skibe.



Figur 9. Jakobsstav.

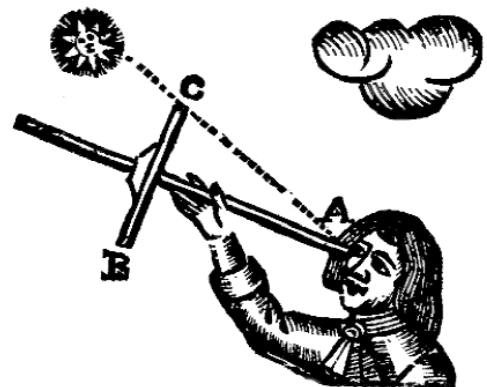
Som du ser på *Figur 9* består en jakobsstav af en sigtestav med en skala og en tværstav, der kan skydes frem og tilbage. Man holder enden af sigtestaven op til øjet og skyder tværstaven frem eller tilbage, således at de to

Opgave 2

■ Stil dig på målepunktet og mål vinklerne fra Stella Nova til de to referencestjerner (A og B) ved hjælp af dine fingre og hænder.

Vinkel til A: $a =$

Vinkel til B: $b =$



Figur 8. Et træsnit fra 1500-tallet viser, hvordan man bruger en jakobsstav til at måle en stjernes højde over horisonten.

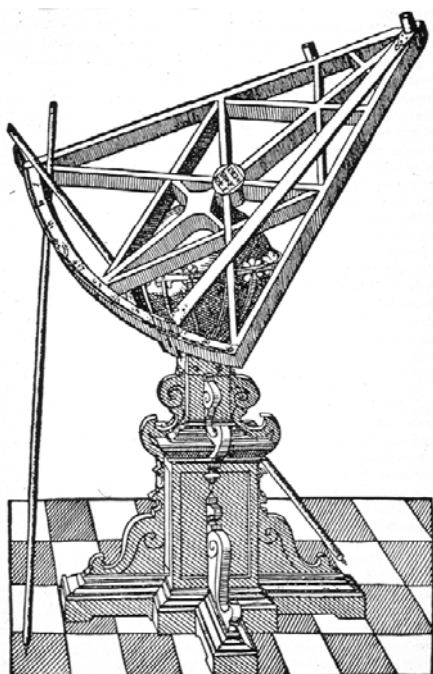
ender ser ud til at befinde sig ved de to genstande, man ønsker at måle vinklen mellem. Derefter aflæses vinklen på skalaen.

Vi ved, at Tycho brugte en jakobsstav til sine tidlige målinger, blandt andet af Stella Nova.

7 Vinkelmåling med sekstant

En sekstant er et instrument til vinkelmåling, der spænder over en sjettedel af en cirkel (60°). Moderne sekstanter er forsynet med to spejle og en lille kikkert og bruges kun til at måle Solens højde over horisonten ombord på skibe. Tycho fik fremstillet særlige sekstanter til måling af stjernernes positioner på himlen. Nogle af sekstanterne kunne kun måle stjernernes højde over horisonten, mens andre – som den på *Figur 10* – var bygget, så de kunne måle vinklen mellem to stjerner på himlen.

Vi har fået fremstillet en simpel version af sekstanten på *Figur 10*. Den spænder kun over 30° , men det er også rigeligt til at måle vinklerne til Stella Nova.



Figur 10.
Venstre: Tychos egen tegning af hans trekantede sekstant til måling af vinkler. Billedet er taget fra hans bog „Astronomiæ Instauratæ Mechanica“ fra 1598.

Højre: På Tycho Brahemuseet på Hven findes en kopi af Tychos sekstant fremstillet efter de gamle tegninger og beskrivelser..

Opgave 3

■ Stil dig på målepunktet og mål vinklerne fra Stella Nova til de to referencestjerner (A og B) ved hjælp af jakobsstaven.

Vinkel til A: $a=$

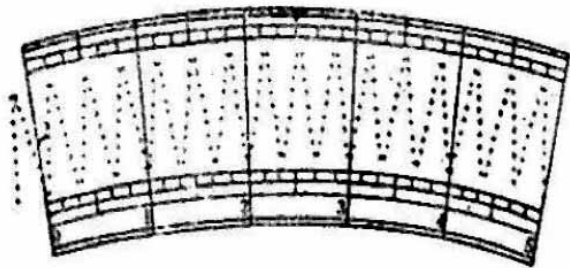
Vinkel til B: $b=$

Opgave 4

■ Hvorfor står sekstanten på et stativ?



Tycho udviklede selv skalaen på sekstanten (se *Figur 11*). Hver af de små streger over og under det prikkede område markerer 1 grad. Mellem hver streg er der 10 prikker, som hver markerer 6 bueminutter. 1 bueminut er $1/60$ grader og skrives som $1'$. Hvis man har målt en vinkel på 5° og 37 bueminutter, skriver man $5^\circ 37'$.



Figur 11. Tycho udviklede selv skalaen på sekstanten. Hver streg markerer 1° . Mellem hver streg er der 10 prikker, som hver markerer seks bueminutter.

Opgave 5

■ Stil dig på målepunktet og mål vinklerne fra Stella Nova til de to referencestjerner (A og B) ved hjælp af sekstanten.

Vinkel til A: $a =$

Vinkel til B: $b =$

8 Nøjagtighed

Opgave 6

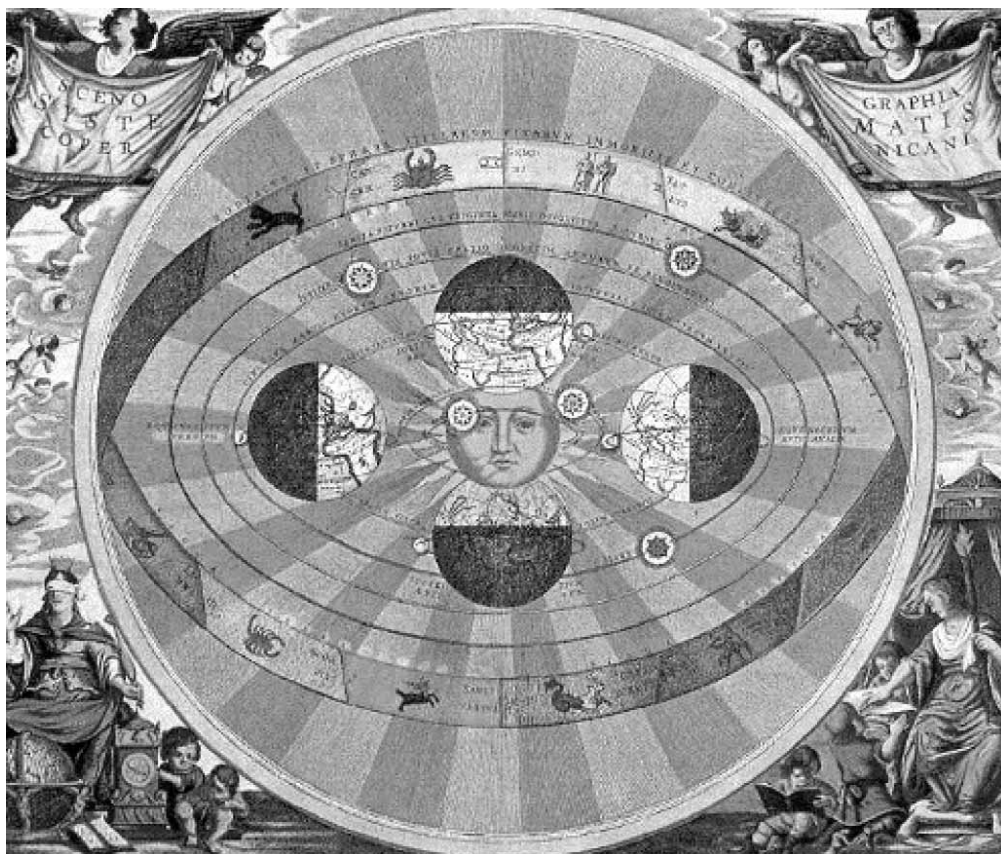
■ Hvilket instrument tror du giver det mest nøjagtige resultat?

Opgave 7

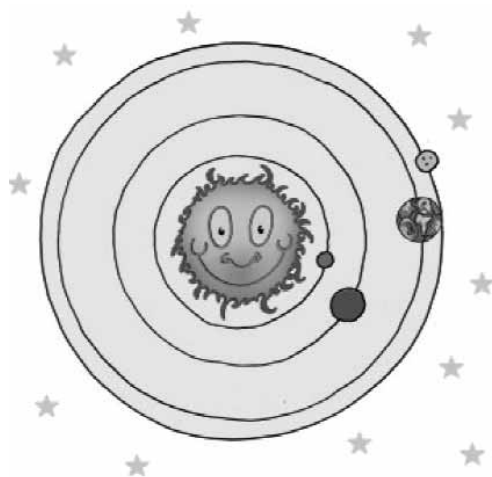
■ Hvorfor?

9 Afstanden til Stella Nova

Ved hjælp af vinkelmålingerne af Stella Nova kunne Tycho relativt let beregne afstanden mellem Stella Nova og Jorden. Det viste sig, at Stella Nova befandt sig meget længere væk end Månen. I stedet måtte den befinde sig ude ved krystalkuglen sammen med stjernerne. Men stjernerne regnede man for evige og uforanderlige.



Figur 12. Kopernikus foreslog, at Solen var centrum i Universet, og at alle planeterne kredsede om Solen.



Fem år efter Stella Novas tilskynekomst på himlen observerede Tycho i 1577 en komet. Ud fra sine målinger af kometen beregnede Tycho afstanden til kometen og dens bevægelse. Det viste sig, at den befandt sig længere væk end Månen, og dens bane bragte den gennem planeterne krystalkugler, som derved burde gå i stykker.

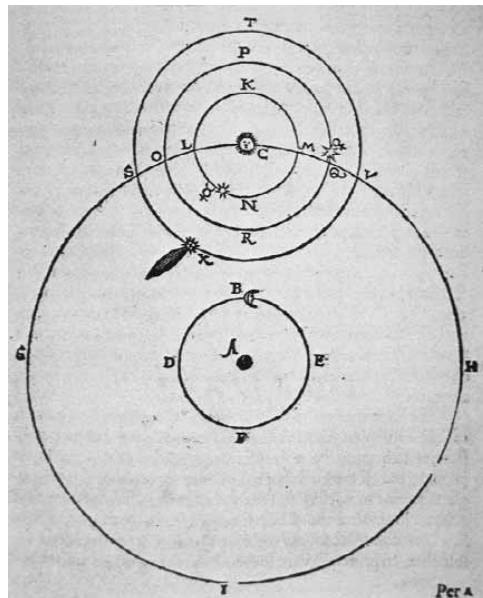
Både Stella Nova og kometen var videnskabelige argumenter for, at krystalkuglerne ikke kunne eksistere.

10 Tychos fornyede verdensbillede

I begyndelsen af 1500-tallet foreslog astronomen Nikolaus Kopernikus, at Jorden slet ikke var centrum i Universet, men at den derimod kredsede om Solen sammen med de andre planeter. Se *Figur 12*.

Tycho kom også selv med en model, hvor Jorden stadig var i centrum med Solen og Månen kredsende omkring sig, mens resten af planeterne kredsede om Solen i stedet for om Jorden. Se *Figur 13*.

Tycho var ikke så let at overbevise om, at Kopernikus havde ret, og han mente, at der kun var én måde at bevise det på, nemlig ved at måle sig frem. Han brugte sine stjernepositioner på Globus Magnus (*Figur 4*) til at kortlægge Mars' bane over himlen. På den måde håbede han at kunne skelne mellem det geocentriske verdensbillede med Jorden i centrum, det kopernikanske verdensbillede med Solen i centrum og hans egen model, der lå indimellem. Han nåede aldrig til nogen endelig konklusion, men efter hans død brugte hans elev Johannes Kepler Tychos målinger til definitivt at afgøre, at Jorden kredser om Solen sammen med de andre planeter.



Figur 13. Tycho foreslog, at Jorden var i centrum. Solen og Månen kredsede om Jorden, mens resten af planeterne kredsede om Solen.

11 Supernovaer i dag

I 1572 regnede Tycho ud, at Stella Nova befandt sig længere væk fra Jorden end Månen. Det betød, at den lå ude ved krystalkuglen sammen med stjernerne, der ellers regnedes for evige og uforanderlige. Men Stella Novas



Figur 14. Very Large Telescope („Meget Stort Teleskop“) i Chile er et af de moderne teleskoper, der blev brugt til at observere de 186 supernovaer.

tilsynkomst var jo netop en forandring, som ledte til at man måtte ændre det generelle syn på Universets opbygning.

Det skulle imidlertid ikke blive sidste gang, at supernovaer ændrede vores opfattelse af Universet. I moderne tid forklares Universets historie med Big Bang-modellen, hvor Universet begyndte i et punkt. Siden da har Rummet udvidet sig (som en ballon der blæses op) til den størrelse, vi kender i dag. I 1998 viste observationer af 186 supernovaer, at Universet ikke bare udvider sig, men at det udvider sig hurtigere og hurtigere. Denne effekt tillægges noget, som kaldes mørk energi, som ingen endnu har fundet ud af, hvad er.

12 Internettet

På Rumteleskopet Hubbles engelske hjemmeside kan du finde rigtig mange billeder af stjerner, galakser, supernovaer mv. <http://hubblesite.org>.

<http://www.rummet.dk> er en dansk hjemmeside om astronomi og rumfart.

<http://www.rundetaarn.dk> er Rundetaarns hjemmeside om astronomien og dens historiske udvikling i Danmark.

På <http://www.kb.dk/elib/lit/dan/brahe/> har Det Kongelige Bibliotek lavet en dansk internetbog om Tycho's instrumenter, blandt andet med en oversættelse af Tycho's egen bog.

<http://www.skoletjenesten.dk>

<http://www.natmus.dk>

© Skoletjenesten
Nationalmuseet 2006

Dette materiale er udviklet for Skoletjenesten Nationalmuseet af Camilla Juul Hansen, Desiree Della Monica Ferreira, Peter Laursen og Signe Riemer-Sørensen fra Dark Cosmology Centre ved Niels Bohr Institutet.

Lay-out: Kristin Wiborg MDD/Skoletjenesten
Print: Schultz Grafisk

