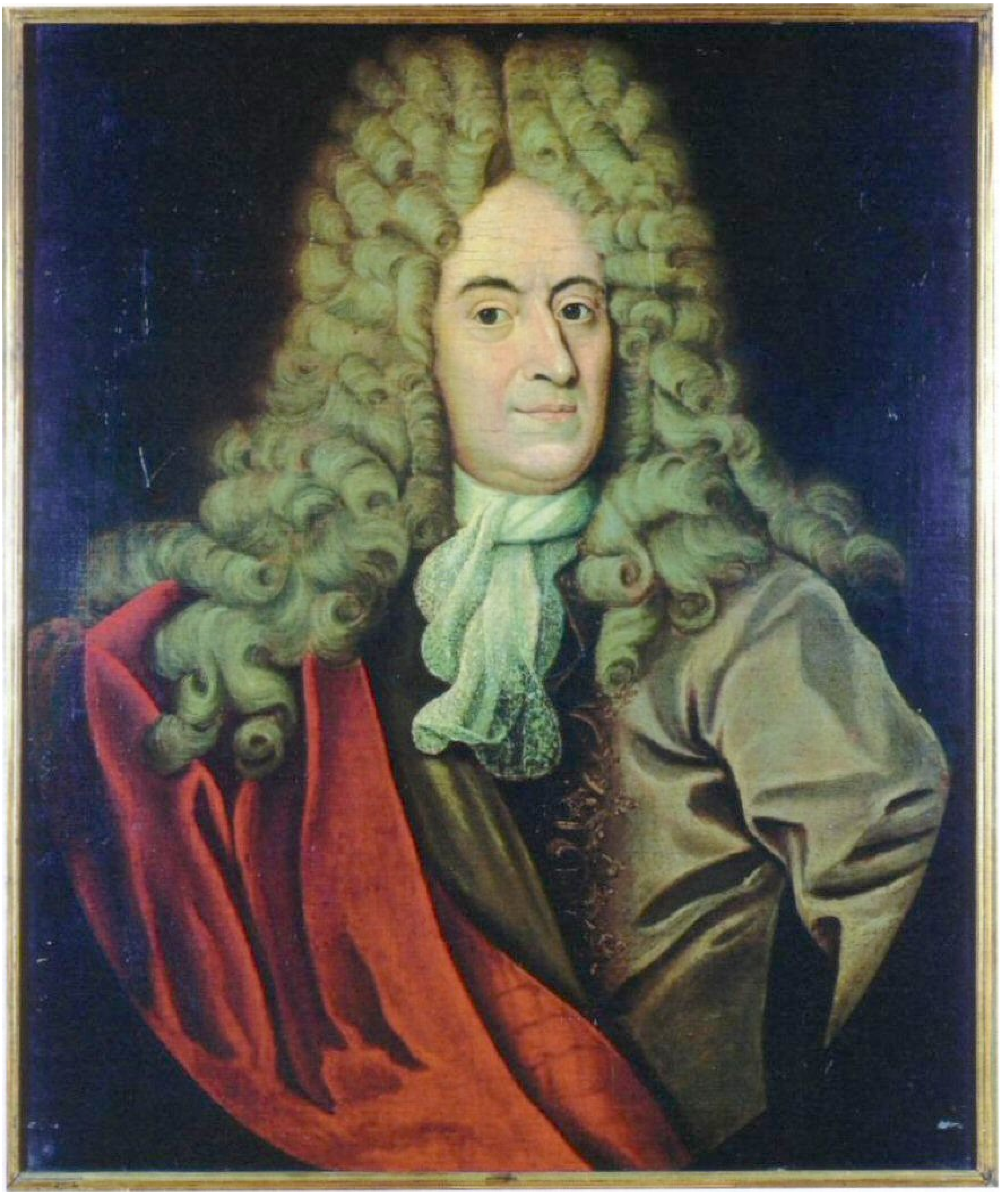


Meddelelser
fra
Ole Rømers Venner
2011

Meddelelser udgives af foreningen Ole Rømers Venner og udkommer hvert år med historiske artikler inden for foreningens virke. Forslag til emner modtages gerne.

Hjemmeside: www.oleroemer.dk

Ansvarshavende redaktør:
Ole Henningsen
olehen@vejrmolle.dk

Redaktør:
Jørgen Lyngbye
jin@c.dk

Teknisk redaktør:
Steen Lærke
Steen.Laerke@vip.cybercity.dk

Meddelelser i løssalg: 75 kr. inkl. porto.

Redaktionen af dette nummer er sluttet den 31. august 2011

ISSN: 1604 - 9322

Meddelelser

fra

Ole Rømers Venner

19. årgang 2011

Bestyrelsen i Ole Rømers Venner

Ole Henningsen (formand)
Præstehusene 67
2620 Albertslund
Tlf.: 43 45 29 33 E-mail: olehen@vejrmolle.dk

Steen Lærke (kasserer & teknisk redaktør)
Hegnsvang 4
2820 Gentofte
Tlf.: 20 42 00 69 E-mail: steen.laerke@vip.cybercity.dk

Jørgen Lyngbye (redaktør)
Sofiegade 24
1418 København K
Tlf.: 32 57 64 77 E-mail: jin@c.dk

Palle Munk Jensen
Kuglens Kvarter 9
2640 Hedehusene
Tlf.: 46 56 29 90 E-mail: greveogjensen@mail.dk

Finn Bo Frandsen
Bispebjerg Bakke 18 N, l. th.
2400 København NV
Tlf.: 21 43 19 65 E-mail: fbf@danskbyggeri.dk

Søren Andersen (suppleant)
Virketvej 17
4863 Eskildstrup
Tlf.: 54 43 80 54 E-mail: andersen@ateliera.dk

Meddelelser 2011

"Meddelelser fra Ole Rømers Venner" indeholder i år tre artikler. En om oldtidens store matematiker og naturfilosof Arkimedes, en om den hollandske fysiker Christiaan Huygens og en om Rømers udkast til et transportabelt ur.

Arkimedes er mest kendt for sit berømte teorem om legemer, der nedsænkes i en væske. Det har fået navnet Arkimedes lov og lyder i al sin enkelhed: *Et legeme nedsænket i en væske taber tilsyneladende lige så meget i vægt, som den fortrængte væskemængde vejer.* Med den erkendelse har man mulighed for med simple midler at sammenligne forskellige stoffers massefylde uden komplicerede målinger og beregninger. Som det fremgår af artiklen, kunne det lige så godt være andre af hans opfindelser og matematiske udredninger, man umiddelbart kommer til at tænke på, når han bliver nævnt.

Selv om Huygens var en meget alsidig videnskabsmand er han mest berømt for sin opfindelse af penduluret og sine arbejder med måling af tid. Han var lige som Ole Rømer medlem af det franske Académie des Science. De var nære venner og havde et godt samarbejde. I modsætning til Ole Rømer - der trods stor samtidig interesse for hans arbejder ikke fik stunder til selv at skrive om dem - så efterlader Huygens sig 32 bind med projektbeskrivelser og korrespondance.

At Ole Rømer har lavet standure er tidligere beskrevet, hans eget private pendulur er en del af Kroppedal museums Rømersamling. Nyt er det, at han også har arbejdet med transportable ure.

På trods af, at der er næsten 2000 år mellem de tre videnskabsmænd er deres arbejdsmetoder forbavsende ens. De analyserer en given opgave og holder ikke op, før de har fundet et praktisk og teknisk anvendelig måde at løse den på. Det der adskiller dem fra os andre er, at de bliver ved, indtil de har fundet en praktisk anvendelig og teknisk realisabel løsning.

Ole Henningsen, redaktør

Ole Rømers skitse til et lommeur

Poul Darnell

Med udgivelsen af bogen[1]: *"Ole Rømer, Korrespondance og afhandlinger samt et udvalg af dokumenter"* i år 2001 er en meget stor del af materialet om Rømer blevet samlet et sted og gjort nemmere tilgængeligt, hvilket er en stor lettelse i forhold til tidligere, hvor man måtte søge sit kildemateriale mange forskellige steder.

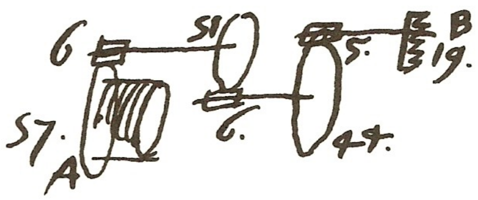
Efterfølgende lille redegørelse er således et resultat af min egen gennemgang af bogen, og jeg skal i denne forbindelse opfordre læserne af denne artikel til selv at gennemgå bogen for at se, om der ikke skulle være et område af Rømers virke, hvori de har en særlig indsigt, så de efterfølgende kan give læserne af dette skrift forslag til fortolkning og uddybning af de dokumenter, som vi endnu ikke helt har forstået.

Det skal i denne forbindelse nævnes, at det ville være dejligt hvis også Ole Rømers *"Adversaria"* [2] en dag kunne udkomme på dansk i en mere læsevenlig udgave.

Rømers brev

Rømer skriver i et brev fra Paris til John Locke, dateret 9./19.7. 1679 [3]:

"Antallet af hjul til uret er, som følgende figur viser:



Der blev foreslået et tandhjul B med 19 tænder eller 17 (for hvis man antager 15, er sagen såre simpel, men dette tal undgås på grund af den lille størrelse). Der blev desuden foreslået en omdrejning af den store drivfjeders hjul A på halvanden time. Man skulle så finde de samme tal som i hjul B's omdrejning, som har 38 halvsvingninger eller slag. For hvert sekund skulle der komme 5 slag. Derfor bør der i hele omdrejningen af hjulet A, som tager 1½ time, indeholdes 27.000 slag. Der indeholdes imidlertid 27.002½, hvilket fremgår af en foretaget beregning".

Ovenstående er et citat fra nævnte brev, og nærmere beskrivelse findes ikke andetsteds, og som man kan forstå, diskuteres et meget præcist emne, hvor intet overflødigt bliver nævnt eller vist (typisk Rømer)!

Men hvad er det så, som Rømer diskuterede med John Locke?

Ud fra citatet og tegningen kan følgende konkluderes:

- Der er tale om en beskrivelse af et urværk.
- Da hjul A er forsynet med en fjeder, er der tale om et bærbart ur, idet et standur eller et vægur ville være forsynet med et lod og et pendul til at drive urværket.
- Hjul B er vist som et såkaldt *"kronhjul"*. Det benævnes således, fordi det ligner en kongekrone. Kronhjul blev benyttet som regulatorer (ganghjul) i datidens ure. Gangarten hvor disse hjul anvendes benævnes *"spindelgang"*.

Hvis nu der er tale om en beskrivelse af et samtidigt lommeur, da kan følgende udtryk[4)] opstilles for det antal svingninger, som uroen[5)] vil udføre i ovennævnte 1½ time:

$$\frac{57 \times 51 \times 44 \times (19 \times 2)}{6 \times 6 \times 5} = 27.002{,}8 \quad \text{svingninger pr. } 1\tfrac{1}{2} \text{ time}$$

Som det ses, er tallene i tælleren netop tandantallene for hjulene, som vist på skitsen. 2-tallet er tilføjet, fordi fligene (ikke vist på skitsen; men forklares senere), som går i indgreb med ganghjulet, foretager 2 svinger for passage af hver tand (Rømer kalder det for *"38 halvsvingninger",* idet 2 x 19 = 38).

I nævneren er de små hjuls (drevenes) tandantal angivet.

I teksten ses det, at Rømer kommer til det samme resultat som jeg; nemlig <u>27.002,5</u> (spørgsmålet er så, om der i den oprindelige tekst står 27.002,8?).

Man kan nu beregne hvor mange svingninger uroen vil udføre pr. time. Rømer regner videre med de 27.000 svingninger pr 1½ time; så det gør jeg også:

$$\frac{27.000}{1,5} = 18.000 \text{ svingninger pr. time (h)}$$

Antal svingninger pr. sekund:

$$\frac{18.000}{3.600} = \underline{\text{5 svingninger pr. sekund (s)}}$$

Astronomen G.F. Ursin der har udgivet en bog om ure anfører følgende for et lommeur[6)]:

"17.000-18.000 svingninger i timen kræves, når uroen skal være en fuldstændig regulator".

Som det ses af udregningerne, er jeg i stand til ud fra Rømers egne oplysninger at beregne de samme resultater, som han selv anfører.

Dette kan kun være bevis for, at jeg har forstået Rømers tekst og skitse korrekt!

Jeg kan konkludere, at beskrivelsen omfatter et bærbart ur, eller hvad vi i dag vil betegne som et lommeur.

Hvorledes fungerer et lommeur med spindelgang?

Som jeg har nævnt ovenfor, er Rømers beskrivelse meget kort, og dele som ikke beskrives, er heller ikke vist på skitsen!

Før jeg derfor fortsætter min udredning, er det nødvendigt, at give en beskrivelse af hvorledes et lommeur med spindelgang er indrettet, idet de dele af uret som mangler på Rømers skitse, nu er tilføjet.

Illustrationerne nedenfor er hentet fra G. F. Ursins bog fra 1843 (se note 6).

Skitsen nedenfor viser opbygningen af et lommeur, og som nævnt, er den mere fuldendt end Rømers skitse (fig.2):

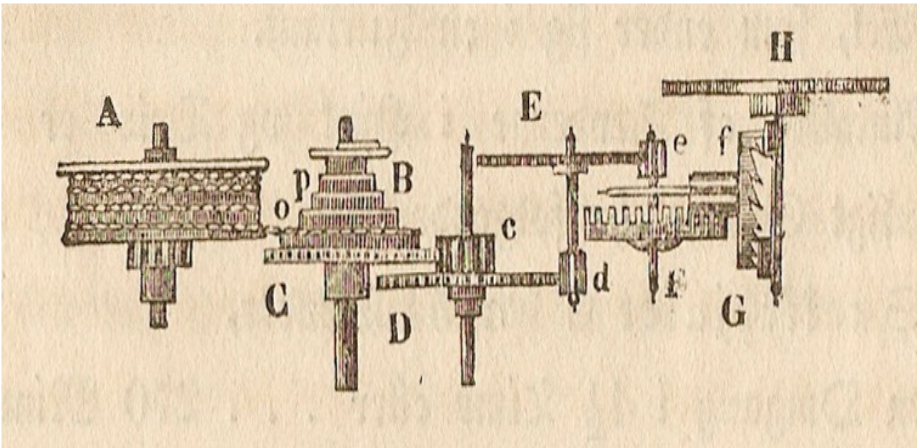


Fig. 2

Skitsen viser til venstre fjederhuset, som er benævnt A ligesom på Rømers skitse. Yderst til højre er kronhjulet G vist (Rømer benævner kronhjulet B), og uroen H er vist øverst.

Fordi Rømers ur er forsynet med en urfjeder, betyder dette, at når fjederen er fuldt optrukket, vil den yde en større kraft, end når den næsten er udløbet. Hvis man ikke kompenserer for dette, vil uret ikke gå regelmæssigt.

Kompensationen foregår ved at man benytter en såkaldt *"snekke"*. På skitsen ovenfor er den benævnt C.

Nedenfor er snekke og fjederhus vist og forklaret nærmere (fig.3):

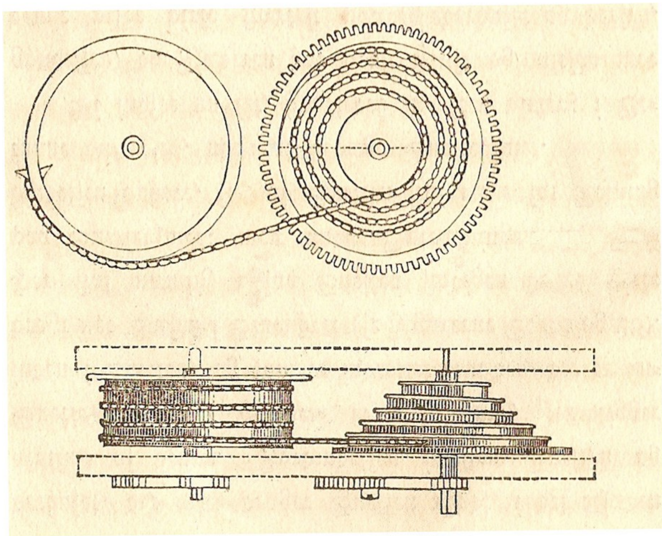


Fig. 3

Fjederhus og snekke er forbundet med en kæde. Når uret trækkes op føres kæden over på snekken, idet urnøglen placeres på den firkantede tap i den udragende ende af snekken. Når nu uret er trukket op, vil fjederhus og snekke være forbundet via kæden på det sted, hvor snekken har sin mindste diameter. Tilsvarende vil fjederhus og snekke være forbundet der, hvor snekken har sin største diameter, når fjederen næsten er udløbet. Som det forstås, er der her tale om en anordning, som er i stand til at udligne fjederens ujævne kraft således, at den kraft der overføres fra snekkens tandhjul til uret altid er den samme (se fig.2). At kraften altid er den samme betyder, at uret vil hverken tabe eller vinde i tid.

Ganghjulet (kronhjulet), *spindelen* og *uroen* er vist og beskrevet nedenfor.

Bemærk, at Rømer på sin skitse kun har vist ganghjulet (fig. 4). Spindelen er den lodrette aksel hvorpå to flige eller lapper er fastgjort. Lapperne går i indgreb med ganghjulet, således at når ganghjulet drejes, overføres der en impuls til snekken via de to lapper. Den nævnte impuls bevirker, at uroen i Rømers ur, som er placeret øverst på spindelen, er i stand til at udføre de 18.000 svingninger pr. time eller 5 svingninger pr. sekund.

I fig. 5 er uroen vist. Til uroen er fastgjort en *spiralfjeder*, der sørger for at uroen for en frem- og tilbagegående drejning. Et særligt arrangement gør, at man er i stand til at stramme eller slække spiralfjederen. Hvis fjederen strammes, vil det bevirke, at uret går hurtigere, og hvis fjederen slækkes, vil uret gå langsommere.

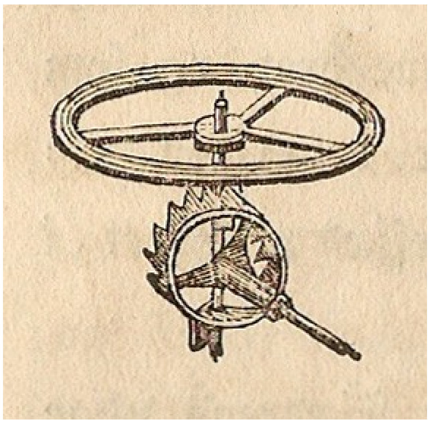


Fig. 4

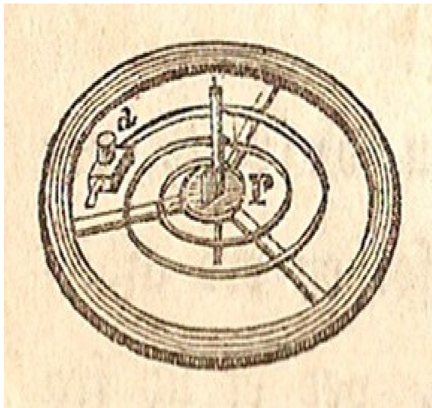


Fig. 5

Det skal i denne forbindelse nævnes, at anvendelsen af en spiralbalance i et ur (uro med spiralfjeder) i 1679 var relativ ny, idet det var Rømers ven Christian Huygens, der som den første opfandt og beskrev denne indretning i 1675.[7]

Vi ved også, at urmageren Isaac Thuret udførte forsøg med spiralbalancer på foranledning af Huygens. På grund af Rømers tætte samarbejde med begge de to herrer[8], er der nok ingen tvivl om, at han var fuldt ud orienteret spiralbalancens anvendelse.

Tilbage til Rømers beskrivelse

På skitsen nedenfor har jeg på Rømers skitse tilføjet I for den aksel, hvorpå tandhjulet med 44 tænder er fastgjort, og II for den aksel hvorpå tandhjulet med de 51 tænder er fastgjort. Endvidere har jeg rent skematisk tilføjet en viser på den sidstnævnte aksel, idet en viser normalt ville have været placeret her (fig.6):

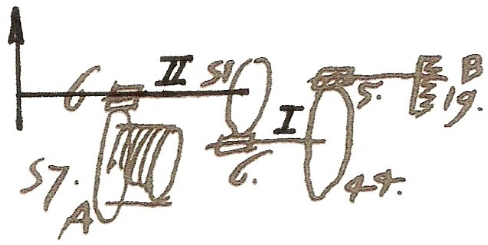


Fig. 6

Jeg er nu i stand til at beregne hvilke tidsangivelser uret er i stand til at vise:

- Uroen gør 38 svingninger for en omgang af ganghjulet B.
- Der gøres 5 svingninger pr. s.

Dette betyder, at ganghjulet drejes en omgang i:

38 : 5 = 7,6 s

Aksel I drejes derfor en omgang i:

(7,6 x 44) / 5 = 66,8 s = 1,1 min.

Aksel II drejes derfor en omgang i:

(7,6 x 44 x 51) / 5 x 6 = 568,48 s = 9,47 min

Hvor nøjagtigt gik urene på Ole Rømers tid?

På den tid var alle pålidelige ure forsynede med spindelgang, pendul og lod. Et sådant ur var altid stationært, idet det enten var ophængt på en mur, eller placeret stående op ad en mur (standur), og gangnøjagtigheden lå indenfor 10 s på et døgn[9], idet det temperatur kompenserende pendul[10], endnu ikke var opfundet på dette tidspunkt. Et lommeur med spindelgang og spiralbalance var en endnu dårligere tidsmåler end penduluret. Det kunne højest gå med en nøjagtighed indenfor 2 – 3 minutter pr. dag[11].

Hvad kan Rømer have benyttet et sådant ur til?

Det enkle svar er slet og ret, at vi ved det ikke; men det virker ulogisk, at uret ikke har en sekundviser, hvis vi gør den forudsætning, at det skulle benyttes til astronomisk brug.

På et lommeur fra Ole Rømers tid vil viseren på aksel II normalt drejes 1 omgang i 60 minutter og ikke 1 omgang i 9,47 minutter!

Et bærbart observations ur?

Den alternative løsning er, at sekundviseren er anbragt på aksel I, og at denne aksel så drejes 1 omgang i 1 minut i stedet for 1 omgang i 1,1 minut. I dette tilfælde ser principskitsen således ud (fig. 7):

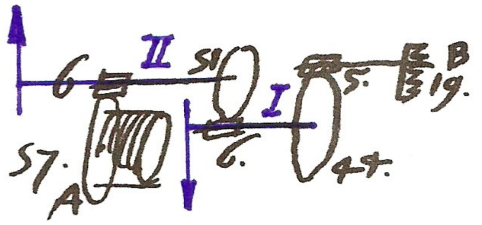


Fig. 7

For at få aksel I til at gøre en omdrejning på 1 minut, er det nødvendigt at justere spiralfjederen på urets balance. Fjederen skal derfor strammes, da uret skal gå hurtigere. Dette indgreb var/er den almindelige måde at justere et lommeurs gang på.

Det er nu interessant at se, hvor hurtigt aksel II drejes.

Akslen gør 1 omdrejning i:

1 x 51 / 6 = 8,5 min.

Vi har altså nu et lommeur med en sekundviser, som drejes 1 omgang i et minut, og med en minutviser viser som drejes 1 omgang i 8,5 minutter.

Følgende er <u>rent gætteri</u>, når det gælder dette urs anvendelse:

Man kan godt forestille sig, at astronomerne på Rømers tid kunne have haft brug for et bærbart observations ur, idet urene altid var placeret indendørs, hvorimod observationsinstrumenterne ofte blev placeret udendørs. Dette var eksempelvis tilfældet på Paris Observatoriet, hvor der øverst var en åben platform, hvorfra man kunne observere.

Når man så justerede det bærbare ur efter et pendulur, og efterfølgende tog det med udenfor i en begrænset tidsperiode til astronomisk brug (f.eks. i max. 8,5 min.), da ville det bærbare urs eventuelle tidsafvigelse ikke blive stor. Under alle omstændigheder kunne man efter observationen igen sammenligne de to ures visning, og så konstatere den eventuelle tidsafvigelse for dernæst at korrigere observationen.

Picards lommeur?

I et andet brev dateret 30.8/9.9.1679[12] fra Toinard til Locke, er Rømers lommeur yderligere kort omtalt, og det præciseres her: ”H*vordan Rømers tegning til uret med de 5 slag skal forstås; det har ikke nogen snekke, men det store hjul bæres af fjederhuset ligesom i Picards ur”*.

Af denne korte notits fremgår det, at Picard må have haft et tilsvarende ur.

Oplysningen om at uret ikke har været forsynet med en snekke stemmer i øvrigt fint overens med, at uret kun skulle benyttes i en kortvarig periode på 8,5 minut, og det styrker dermed antagelsen om, at uret har været anvendt som observations ur. Årsagen er, at urfjederen på grund af den korte tidsperiode stort set kun vil yde et konstant moment til urværket. Urfjederens karakteristik vil således ikke kunne nå at påvirke urets gang.

En anden ting som også tyder på at rekonstruktionen kan være korrekt er, at minutviseren drejes den rigtig vej rundt (med uret).

Hvordan så Rømers lommeur ud?

Det ved vi naturligvis ikke noget om; men det er interessant, at der findes et tilsvarende observations ur[13] til astronomisk brug, som blev fremstillet i Paris ca. 125 år senere af den berømte franske urmager Abraham Louis Breguet (Breguet nr. 1553).

Beskrivelsen af dette ur oplyser, at det var beregnet til brug ved observationer i meridianen, og at det kun var beregnet til at kunne benyttes i en kortvarig periode. Af denne årsag var uret forsynet med to urskiver; en som viste sekunderne, og en anden som angav op til 20 minutter. (Fig. 8) viser uret:

Fig. 8

Der er altså her tale om et tilsvarende ur, som det Ole Rømer skitserede, og vi kan derfor antage at udseendet af de to ure måske har været nogenlunde ens?

Noter:

1. Per Friedrichsen og Chr. Gorm Tortzen: 'Ole Rømer, Korrespondance og afhandlinger samt et udvalg af dokumenter'. Det Danske Sprog- og Litteraturselskab, C.A. Reitzels Forlag, København 2001.

2. Thyra Eibe og Kirstine Meyer:'Ole Rømers ADVERSARIA', udgivet af Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, København 1910.

3. Per Friedrichsen og Chr. Gorm Tortzen: 'Ole Rømer, Korrespondance og afhandlinger samt et udvalg af dokumenter'. Det Danske Sprog- og Litteraturselskab, C.A. Reitzels Forlag, København 2001, p. 196.

4. F.W. Britten: 'Horological Hints and Helps', 1997 udgave, p. 220.

5. Uroens svingningningstid er bestemt af dens fysiske dimensioner samt af spiralfjederens karakteristik. På Rømers tid har man helt sikkert eksperimenteret sig frem til størrelsen af en uro med en ønsket svingningstid. I dag findes der imidlertid en formel hvorefter en given uro kan beregnes. Formlen findes f. eks. her: Charles-Andre Reymondin, Georges Monnier, Didier Jeanneret, Umberto Pelaratti: 'The Theory of Horology', The Technical College of the Vallee de Joux 1347 Le Sentier – Switzerland 2003, p. 136.

6. G.F. Ursin: 'Om Uhre', Kjøbenhavn 1843, p. 63. Ursin blev først uddannet som landmåler hos astronomen Thomas Bugge, hvorefter han rejste til Göttingen for at studere astronomi. Efterfølgende tog han en doktorgrad i Sol- og Måneformørkelser. Ved sin hjemkomst var Ursin i en periode ansat som observator på Rundetårn. Ursins store interesse for teknik førte til et nært venskab med den berømte danske urmager Urban Jürgensen.

7. G.H. Baille: 'Clocks and Watches. An Historical Bibliography. Volume I.' The Holland Press, London 1978, p. 96 – 102.

8. På dette tidspunkt udførte Isaac Thuret planetmaskiner for Ole Rømer.

9. F.A.B. Ward: 'Time Measurement, Historical review', Science Museum, London 1970, p. 8.

10. Det temperaturkompenserende pendul blev opfundet af den engelske urmager John Harrison i 1726. Et sådant pendul benævnes også "ristpendul", idet det består af flere stænger af to forskellige materialer f.eks. stål og messing, som hver for sig har forskellige udvidelseskoefficienter. Pendulet er konstrueret således, at metalstængerne holder afstanden fra pendulets ophængninspunkt til dets tyngdepunkt konstant uanset ændringer i omgivelsestemperaturen. Når længden af pendulet således altid er ens, vil uret hverken tabe eller vinde i tid.

11. Anthony Bird. 'English House Clocks 1600 - 1850', David & Charles, 1977, p. 20.

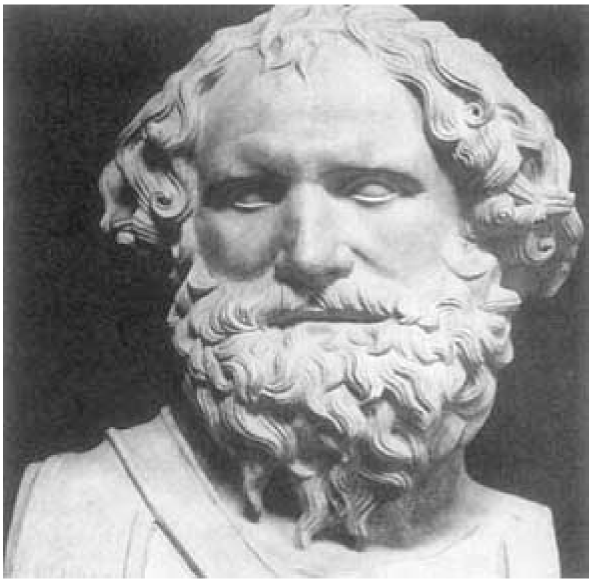
12. E.S. De Beer: 'The Correspondence of Locke'. In Eight Volumes. Oxford 1976 – 1989. Volume 2, Letter No. 497.

Arkimedes

Løb han nøgen på gaden?

Jørgen Lyngbye

Naturfilosoffen Arkimedes fødtes i året 287 f.Kr. i byen Syrakus på Sicilien. Hans far var astronomen Phidias, om hvem vi kun ved meget lidt. Arkimedes levede hele sit liv i Syrakus. Han menes dog at have besøgt Alexandria i Egypten omkring 250 f.Kr., hvor han skal have studeret Euklids geometri og hvor han stiftede bekendtskab med de derværende matematikere. I sin bog om spiraler fortæller han en pudsig begivenhed om sine bekendte i Alexandria. Han havde for vane at sende dem sine seneste teorier men uden beviser for disse. Men nogle af matematikerne i Alexandria udgav dem for deres egne. Arkimedes hævnede sig ved at medsende et par falske teorier. Han siger selv herom: ”så at de, der hævder at kunne opdage alt, men ikke leverer beviser, kan gendrives som havende foregivet at kunne opdage det umulige”.

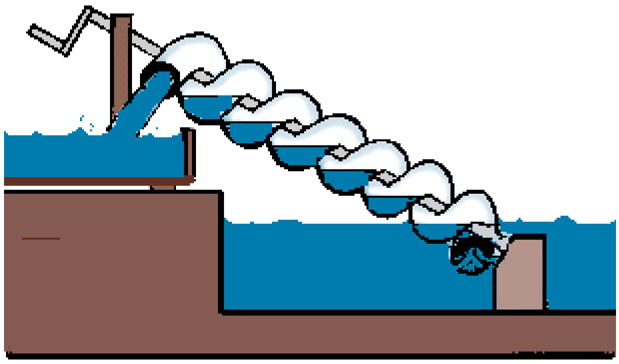


Arkimedes. Romersk buste.

Euklids Elementer er en tretten binds lærebog i matematik og geometri skrevet af den berømte græske matematiker Euklid (ca. 325-265 f.Kr.) i Alexandria.

Arkimedes var ikke kun en stor matematiker, men også en dygtig tekniker. En af hans vigtigste opfindelser var en "snegl" eller Arkimedes' skrue, et vandløftnings-redskab til kunstvanding. Arkimedes fandt tillige ud af, hvordan man med en løfte-stang kan flytte tunge ting.

De publikationer af Arkimedes, der har overlevet, er følgende: to bøger om ligevægt i planet, en bog om parablens kvadratur, to bøger om kuglen og cylinderen, en bog om spiraler, en bog om kegler og spheroider (ellipsoider), to bøger om flydende legemer, en bog om cirkelmåling samt en om "sandberegning", dvs. antallet af sandkorn, der kan passe ind i universet. Han måtte dermed beregne størrelsen af universet efter den tids opfattelse og opfinde en måde at beskrive meget store tal. Dette arbejde betegnes også *Archimedis Syracusani Arenarius & Dimensio Circuli.* Den rækkefølge, hvori Arkimedes skrev sine værker, er ikke sikkert kendt.



Arkimedes. Vand kan pumpes til et højere niveau (Nutidig tegning)

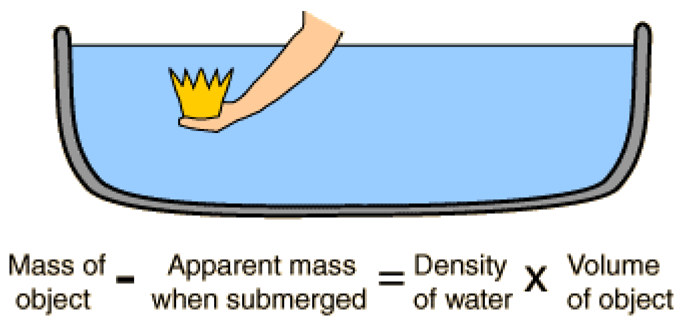
I bøgerne om ligevægt i planet fremsættes de fundamentale principper om mekanik ved hjælp af geometriske metoder. Arkimedes opdagede her de fundamentale teoremer om tyngdepunktet for plane figurer. I første bog findes tyngdepunktet for parallelogram, trekant og trapez. I den anden bog findes tyngdepunktet for et segment af en parabel og i bogen om parablens kvadratur beskrives arealet af parabelsnit.

I den første bog om kuglen og cylinderen påviser Arkimedes, at overfladen af en kugle er fire gange overfladen af en storcirkel og finder endvidere arealet af ethvert segment af en kugle. Han påviser, at rumfanget af en kugle er 2/3 af rumfanget af en omskreven cylinder og at overfladen af en kugle er 2/3 af overfladen af en omskreven cylinder. I den anden bog er Arkimedes' vigtigste resultat at vise, hvordan man kan afskære en kugle med et plan, så forholdet mellem rumfangene af de to segmenter har en fastsat ratio.

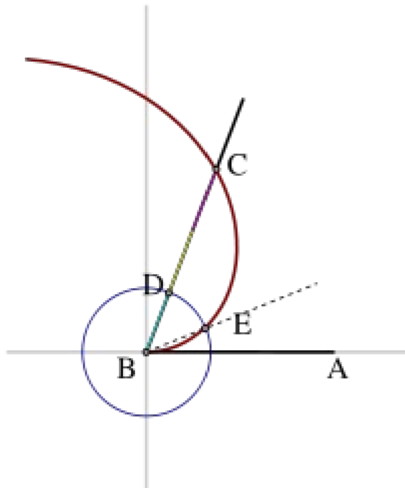
I bogen om spiraler definerer Arkimedes en spiral og giver de fundamentale egenskaber, der forbinder længden af en radial vektor med de vinkler gennem hvilke den har roteret. Han angiver resultater med hensyn til spiralens tangenter samt hvordan man kan beregne arealet af dele af spiralen.

I bogen om kegler og spheroider undersøger Arkimedes elliptiske og hyperbolske paraboloider samt ellipsoider ved rotation af en ellipse om henholdsvis den korte og lange akse. Et vigtigt formål med dette arbejde er at undersøge rumfang af disse tredimensionale figurer.

I bøgerne om flydende legemer beskriver Arkimedes de basale principper for hydrostatik. Her findes hans mest berømte teorem, hvor vægten af et legeme nedsænket i en væske beskrives. Dette kaldes ofte **Arkimedes' lov:** Et legeme nedsænket i en væske taber tilsyneladende lige så meget i vægt, som den fortrængte væskemængde vejer. Han studerede flydende legemer af forskellig form og tyngde.



Det fortælles, at han af kong Hieron blev bedt om at bestemme, om kongens krone var af rent guld eller en legering af guld og sølv. Arkimedes var i vildrede, men en dag indså han, efter at have nedsænket kronen i vand, at fordi guld er tungere end sølv (har en større vægtfylde), vil en given vægt af guld repræsentere et mindre rumfang end samme vægt af sølv og derfor må en given vægt af guld fortrænge mindre vand end samme vægt af sølv. Han fandt, at kongens krone fortrængte mere vand end samme vægt rent guld, så ”guldkronen” var en legering med sølv. Begejstret ved denne opdagelse fortælles det, at han løb nøgen ud på Syrakus' gader og råbte ”Heureka, Heureka”, hvilket betyder: ”Jeg har fundet det!”.



Arkimedes' spiral (Nutidig tegning)

Bogen om cirkelmåling påviser, at værdien af pi (π) ligger mellem 223/71 og 22/7. Dette opnåedes ved at omskrive og indskrive en cirkel om/i regulære polygoner med 96 sider.

Den universelle konstant pi har altid fascineret matematikerne, og man har gradvist beregnet den med flere decimaler. Status i dag er, at man har bestemt de første 2,7 milliarder cifre. Arkimedes værdier er forbløffende nøjagtige, selv om det kun er de første 2 decimaler der er korrekte.

Sandberegning er et bemærkelsesværdigt arbejde, hvor Arkimedes fremsætter et talsystem, der er i stand til at udtrykke tal op til 8×10^{63} i moderne terminologi. Han påstår, at dette tal er tilstrækkelig stort til at tælle antallet af sandkorn, som kan fylde universet. Det er interessant, at han dermed må anføre universets størrelse. Desuden erklærede han, at Aristarkus (ca. 310-230 f.Kr.) har fremsat et system med solen i centrum og planeterne inklusive Jorden kredsende omkring den (heliocentrisk system, - før Kopernikus!). Han refererer her tillige til sin far astronomen Phidias.

I Arkimedes' arbejde om metoden beskriver han måden, hvormed han opdagede mange af sine geometriske resultater: "visse ting blev først klare for mig ved en mekanisk metode, skønt de måtte bevises med geometri bagefter, fordi undersøgelsen af tingen med en anført metode ikke leverede beviset. Men det er selvfølgelig nemmere, når man først ved metoden har opnået et kendskab til de spørgsmål, der kan føre til bevis end at finde det uden forudgående kundskab".

Forfatteren Plutark (ca. 45-125) har skrevet om Arkimedes' fremragende resultater i geometri: "Det er ikke muligt i al geometri at finde mere vanskelige og intrikate spørgsmål eller mere enkle og oplysende forklaringer. Nogle tilskriver dette hans naturlige geni, mens andre mener, at det krævede utrolig indsats og slid at frembringe disse resultater. Ingen [almindelig person] vil selv ved betydelig indsats kunne opnå sådanne beviser, men når man en gang har set det, vil man straks tro, at man kunne have opdaget det. Ved en elegant og hurtig fremgangsmåde leder han [Arkimedes] en frem til den nødvendige konklusion".

Der er referencer til andre arbejder af Arkimedes, som er gået tabt. Pappus henviser til et arbejde om polyedre og et om vægte og løftestænger. Forskeren Theon (ca. 335-405) nævner et arbejde om spejle. Arkimedes nævner selv et arbejde om det talsystem, som han beskrev i sandberegning.

Pappus af Alexandria (ca. 290-350) var en af de sidste store græske matematikere i antikken. Af ham kendes en samling af matematiske skrifter på otte bøger (såkaldt *Synagoge,* - fra ca. 340). Om hans liv vides meget lidt.

Plutark beretter, at Arkimedes var forbundet med kong Hieron: ”[Arkimedes] skrev til kong Hieron, hvis ven og nære bekendt han var”. Arkimedes' venskab med kong Hierons familie kan ses af hans dedikation af afhandlingen om sandberegning til Hierons søn Gelon.

Kong Hieron II i Syrakus (ca. 306-215 f.Kr.) greb i 275 f.Kr. magten over Syrakus efter en sejr over mamertinerne, hvor han blev han udråbt til konge af sine soldater.

I beretninger fra samtiden er der referencer til Arkimedes, der opnåede et renommé, ikke så meget på grund af hans matematiske fortjenester som hans opfindelse af krigsmaskiner. De blev benyttet i forsvaret af Syrakus, da romerne i 212 f.Kr. under Marcellus' kommando angreb Syrakus.

Dette er beskrevet i Plutarks beretning om Marcellus: ”Da Arkimedes begyndte at bombardere med sine maskiner, skød han mod landtropperne med alle slags missilvåben, så store masser af sten slog ned med en utrolig støj og voldsomhed, som ingen mand kunne stå imod. Hvor de faldt i bunker slog de alle soldater ned. I mellemtiden brød store pæle fra voldene ud over skibene. Nogle skibe sank på grund af den store vægt og andre blev løftet op i luften af en slags jernhånd eller næb med et greb i stævnen, sat ned på agterspejlet og smidt på bunden af havet. Andre skibe blev trukket ind mod de stejle klipper, der stak frem under voldene, med tilintetgørelse af soldaterne om bord. Et skib blev ofte løftet højt op og svinget i luften, så alle soldaterne faldt ned, og derefter blev knust mod klipperne”.

Arkimedes var blevet overtalt af en ven til at konstruere sådanne maskiner via sin forbindelse til kong Hieron. Denne ven beretter: “Disse maskiner havde [Arkimedes] planlagt og udtænkt ikke som en sag af vigtighed, men mere som geometriske fornøjelser, i overensstemmelse med kong Hierons ønske og anmodning”.

Også en anden af Arkimedes’ opfindelser, en trisse til at løfte tunge ting, bragte ham berømmelse i samtiden. Plutark skriver herom: ”[Arkimedes] havde [i et brev til kong Hieron] erklæret, at ved passende anvendt kraft kunne enhver vægt bevæges. Han havde endog pralet fortælles det: ”Giv mig et sted at stå og jeg skal bevæge Jorden”. Hieron blev slået af forbløffelse og opfordrede ham til med et eksperiment vise en stor vægt bevæget med en lille maskine. [Arkimedes] bestemte sig for en af kongens skibe, der kun kunne trækkes af dokken ved arbejde af et stort antal mænd. Han fyldte skibet med mange mennesker og meget gods. Dernæst kunne han uden større anstrengelse med enden af trissen i hånden ved at trække i snorene ganske let bevæge skibet i en ret linje”.

Arkimedes. Et stik fra 1740, der viser hans planlægning af forsvaret af Syrakus.

Skønt Arkimedes vandt sin berømmelse på grund af maskinerne, mente han selv, at den rene matematik var det eneste, der var værd at stræbe efter. Vi kan igen citere Plutark: ”Arkimedes besad så høj en ånd og så dyb en sjæl samt en sådan skat af videnskabelig kundskab, at han gennem disse opfindelser [det vil sige maskinerne] var blevet kendt som en af mere end menneskelig skarpsindighed. Dog ville han ikke nedlade sig til at efterlade nogen kommentar eller noget skrift om disse emner, men afviste som usselt og uværdigt for profit at handle med maskinteknik og enhver slags kunst. Al hans hengivenhed og ambition var rettet mod den rene tænkning, der ikke angår vulgære behov, det vil sige kun sådanne studier, hvis ophøjethed over alt andet er utvivlsom og hvor den eneste tvivl kan vedrøre skønheden og storheden af de undersøgte emner og af styrken og præcisionen af metoder og beviser, kan fortjene vor beundring”.

Plutark beretter også om hans fascination af geometri: ”Nu og da førte hans tjenere ham modvilligt til badet for at vaske ham og smøre ham med olie. Men selv der tegnede han geometriske figurer, endog nær gløderne fra skorstenen. Og når de smurte ham med olie, tegnede han med fingrene linjer på sin nøgne krop som var han i trance ved begejstringen over studiet af geometri”.

Arkimedes’ præstation er fremragende. Han anses for en af de største matematikere. Han perfektionerede en slags integrationsmetode, som tillod ham at finde arealer i planet samt rumfang og overfladearealer af mange legemer. Senere genier som Kepler, Fermat, Leibniz og Newton har bygget på hans metoder.

Arkimedes blev dræbt i 212 f.Kr. under romernes erobring af Syrakus i Den Anden Puniske krig. Alle hans krigsmaskiner viste sig til ingen nytte. Den Anden Puniske Krig udkæmpedes mellem Rom og Kartago i 219-201 f.Kr.

Arkimedes' død. Romersk gulvmosaik.

Plutark beretter tre historier, som han havde hørt om drabet:

Ifølge den første var Arkimedes så koncentreret med at arbejde på et problem med et diagram, så han ikke bemærkede romernes indtrængen eller at byen var erobret. En romersk soldat kom hen til ham og beordrede ham at følge med til Marcellus, hvilket han nægtede før han havde løst problemet. Soldaten blev rasende, drog sit sværd og jog det igennem ham.

Ifølge den anden version kom en soldat løbende imod ham med draget sværd for at dræbe ham. Arkimedes vendte sig om og bad indstændigt soldaten om at vente, så han ikke skulle forlade sit arbejde ufuldkomment, men soldaten, upåvirket af hans bøn, dræbte ham umiddelbart.

I den tredje version ville Arkimedes bringe matematiske instrumenter, som kugler og vinkelmålere, f.eks. til solmåling, til Marcellus. Men nogle soldater så ham og dræbte ham i den tro, at der var guld i det kar, som han bar.

Arkimedes mente, at hans vigtigste resultat var beskrivelsen af en cylinder, der var omskrevet en kugle og han havde bedt om, at dette sammen med hans resultat om en ratio mellem de to skulle indskrives på hans grav. Cicero (106-43 f.Kr.) var på Sicilien i år 75 f.Kr. og han beskriver sin søgning efter Arkimedes grav: ”[Jeg] fandt alt aflukket og dækket med brombærbuske og krat. Jeg huskede at visse linjer om en kugle og en cylinder, som jeg havde hørt om, var indskrevet på hans grav. Efter at have set mig grundigt omkring opdagede jeg lidt over buskadset en lille søjle på hvilken der var en figur af en kugle og en cylinder. Slaver blev sendt ind med en segl og da passage var åbnet nærmede vi os soklen. Epigrammet kunne spores og omkring halvdelen af linjerne kunne læses, mens resten var nedslidt”.

Efter Arkimedes død var hans matematiske arbejder lidet kendt i antikken, men nogle af hans resultater studeredes i Alexandria og blev citeret af fremtrædende forskere som f.eks. Heron (ca. 10-75). Efter at matematikeren Eutocius af Ascalon (ca. 480-540) havde udgivet nogle udgaver af visse af Arkimedes' arbejder med kommentarer i det 6. århundrede blev disse bemærkelsesværdige afhandlinger kendt. Det er værd at bemærke, at forsøg i nutiden på at bestemme, hvor nær de forskellige versioner af Arkimedes' afhandlinger er til den originale tekst, må basere sig på, om de har bevaret Arkimedes' doriske dialekt.

Dorisk (eller *Dorian*) var en dialekt i det antikke Hellas. Varianter af dialekten blev talt i det sydlige og østlige Peloponnes, på Kreta, Rhodos og nogle øer i det sydlige Ægæerhav samt i kystbyer i Lilleasien, Syditalien, Sicilien (Syrakus), Epirus og Makedonien.

Efterskrift

Arkimedes' lov kan ses i en enestående bog på Walters Art Museum i Baltimore (USA). Hidtil har loven kun været kendt på latin, men den foreligger nu på originalsproget.

Sagen drejer sig om en bønnebog fra 1200-tallet. Bogen på 348 sider indeholder bønner og messetekster skrevet i et kloster i Konstantinopel (Istanbul) i 1229 samt fire kristne motiver malet af en fiduskunstner i det 20. århundrede. I 1899 opdagede en græsk forsker, der var i færd med at skrive et bibliotekskatalog på et ortodokst kloster i Istanbul, at bogen gemte en gammel tekst. Selv om han ikke forstod teksten, tog han rutinemæssigt dele af den med i sit katalog. Tidligere havde bogen i nogle århundreder været opbevaret i det byzantinske San Saba kloster i Judæas ørken nær Jerusalem.

Herefter gik der syv år. I 1906 fik professor i klassisk filologi ved Københavns Universitet Johan Ludvig Heiberg (1854-1928) lejlighed til at se bibliotekskataloget på et tip fra en kollega om nogle matematiske formuleringer i den gamle bog, som kunne stamme fra Arkimedes. Han stødte på nogle linjer på græsk. Men da klostret ikke ville udlåne bogen rejste han straks til Istanbul. Han havde travlt med at komme videre og overlod det derfor til en fotograf at affotografere hele bogen. Fotografen havde sjusket lidt, så der manglede nogle sider, men Heiberg gik straks i gang med at tyde den græske tekst. Den viste sig ord for ord at indeholde Arkimedes' teorier, sikkert som den originale tekst. Men Heiberg kunne kun tyde dele af teksten med sit forstørrelsesglas på de ikke ganske gode fotografier. På grund af de politiske forhold, bl.a. første verdenskrig, nåede Heiberg aldrig tilbage til Istanbul.

Først i 1991 dukkede bogen op igen. En fransk familie bad auktionshuset Christie's i New York om at sætte et gammelt manuskript til salg, som familien havde erhvervet fra en slægtning i Istanbul i 1920'erne. Eksperter undersøgte manuskriptet. Det viste sig at være Arkimedes' *palimpsest,* som teksten betegnes i nutiden. I 1998 solgtes bogen for to millioner dollar til en anonym amerikansk samler, der omgående overdragede den til museet i Baltimore. Derpå er messebogen blevet skilt ad og sat sammen igen til 177 sider af det originale større format.

"Jeg har aldrig set et manuskript i dårligere stand", udtalte museets kurator. Det var bl.a. svært skadet af svamp. Men med to forskere kom gennembruddet. Den ene var Roger Easton, som er kendt for at finde de skjulte budskaber i Dødehavsrullerne.

Han beherskede en teknologi, der kunne skelne mellem den sorte bønneskrift fra 1229 og en rødlig skrift nedenunder. Den anden var fysikeren Uwe Bergman, som har opfundet en særlig fremgangsmåde til at finde metalrester i spinat. Den samme metode kunne bruges til at finde skriftrester i bogen. Sammen har de fundet over 98 procent af den gamle skrift under munkenes bønnetekster. Et røntgenbillede afslørede bl.a. hvordan Arkimedes beskrev beregning af et areal i en parabel med en metode, som ligner senere tiders integralregning.

Bogens tekst stammer formentlig fra 900-tallet som en fjerde eller femte afskrift af originalen.

Forskerne har fundet flere fejl i Heibergs tydning. F.eks. i Arkimedes' udredning om flydende legemer, hvor Heiberg tydede nogle ord som ”skar i stykker”, mens korrekt tydning er ”fugtede”. Endvidere om beregning af en genstands tyngdepunkt, hvor Heiberg skrev: ”balancere på et punkt”, mens korrekt tydning er: balancere *omkring* et punkt”.

Forskerne har fundet, at munkene, formentlig af sparehensyn, i 1229 sammenflikkede bønnebogen af fem gamle skrifter, som de skrev oven på.

Palimpsest

Foruden Arkimedes drejede det sig bl.a. om skrifter af den græske politiker Hyperides (ca. 389-322 f.Kr.), der har givet ny indsigt i slaget ved Salamis i året 480 f.Kr. Bogen indeholder to hidtil ukendte taler af Hyperides. Heldigvis har munkene ikke forsøgt at skrabe den tidligere tekst ud af bogen, som de ikke sjældent gjorde med sådanne gamle gedeskindsbøger.

Noter

M. Beiter: Cirklen er sluttet for Arkimedes. MagasinSøndag, Berlingske Tidende 18. april 2004.

E.T. Bell: Modern Minds in Ancient Bodies: Zeno, Eudoxus, Archimedes. Ch. 2 in Men of Mathematics: The Lives and Achievements of the Great Mathematicians from Zeno to Poincaré. Simon and Schuster, New York, pp. 19-34, 1986.

E.J. Dijksterhuis: Archimedes. Princeton University Press, 1987.

W. Dunham: Archimedes' Determination of Circular Area. Ch. 4 in Journey Through Genius: The Great Theorems of Mathematics. Wiley, New York pp. 84-112, 1990.

T.L. Heath: The Works of Archimedes. Dover, New York 1953.

K. Kleiner: Lasers Reveal Ancient Words of Wisdom. New Scientist 167, 6, 2000.

R. Netz & W: Noel: The Archimedes Codex. Da Capo Press 2007 (ny udgave i 2009)

Plutarch: Life of Marcellus.

C. Rorres: Archimedes. http://www.mcs.drexel.edu/~crorres/Archimedes/contents.html.

S. Stein: Archimedes: What Did He Do Besides Cry Eureka? Amer. Math. Soc., Washington DC 1999.

The Archimedes Palimpsest project. The Digital Palimpsest. The Walters Art Museum in Baltimore, Maryland, USA. Internet: thewalters.org/ E-mail: info@thewalters.org

Christiaan Huygens

Nederlandsk fysiker og astronom

Jørgen Lyngbye

Den navnkundige italienske naturforsker Galilei (1564-1642) havde som gammel kæmpet med det vigtige problem om bestemmelse af længdegraden. Problemet drejede sig om at fremstille et urværk med tilstrækkelig præcision til navigation i skibe.

I forbindelse med disse spekulationer korresponderede Galilei med en hollandsk herre ved navn Constantin Huygens (1596-1684), der nærede sympati for den gamle forsker. Galilei havde fra 1633 været i husarrest i byen *Arcetri* nær Florens.

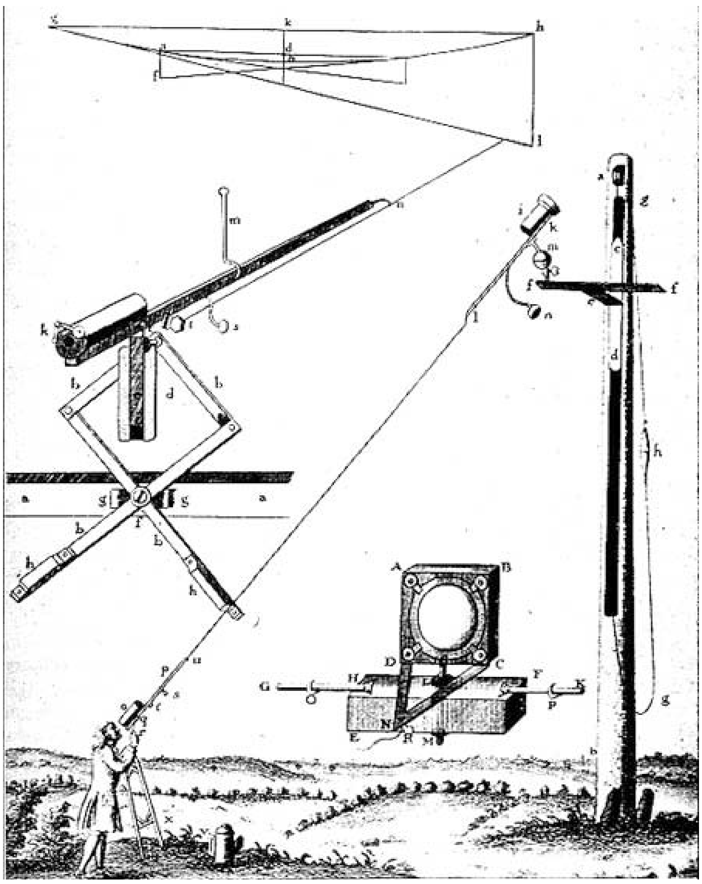
Constantin Huygens var en højtstående nederlandsk embedsmand, - yderst velstående og desuden berømt som digter. Han tjente Holland som statsrådsmedlem og ambassadør og havde dermed fulgt familietraditionen efter sin far. Constantin Huygens havde sikkert ikke forudset, at en af hans fem børn, Christiaan Huygens, skulle blive den første, der løste problemet med urværket og som blev en af de mest berømte fysikere.

Christiaan Huygens 1629-1695

Christiaan Huygens fødtes i Haag i 1629. På få kilometers afstand boede berømtheder som malerne Rembrandt (1606-1669) og Frans Hals (1580-1666) samt filosoffen Baruch Spinoza (1632-1677). De kom alle i huset hos Huygens, hvor Christiaan lærte dem at kende.

Med alle disse medfødte fordele blev Christiaan først undervist af sin lærde far og derefter ved universitetet i Leyden, hvor han studerede under den kendte matematikprofessor Frans van Schooten (1615-1660), hvis bøger Newton læste med stor interesse.

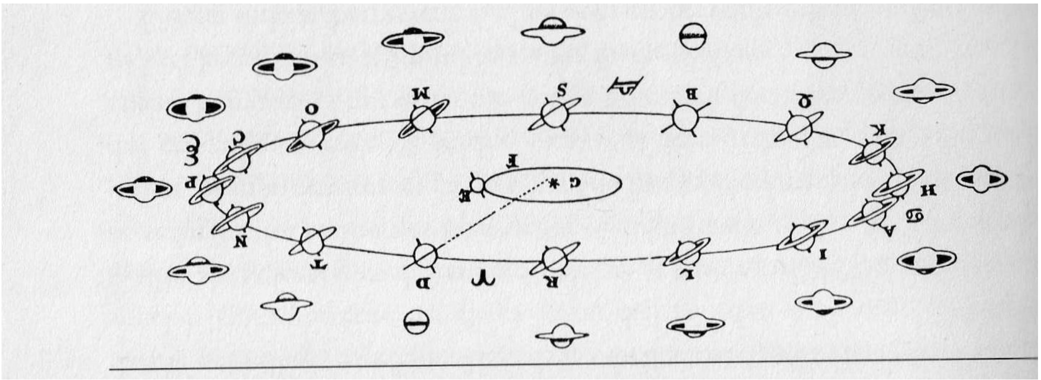
I Leyden blev Christiaan Huygens stærkt påvirket af Descartes' filosofi. Descartes var en nær ven af hans far og kom ofte på besøg. Men gradvis måtte Christiaan Huygens erkende, at Descartes' fysiske teorier hvilede på et løst grundlag.



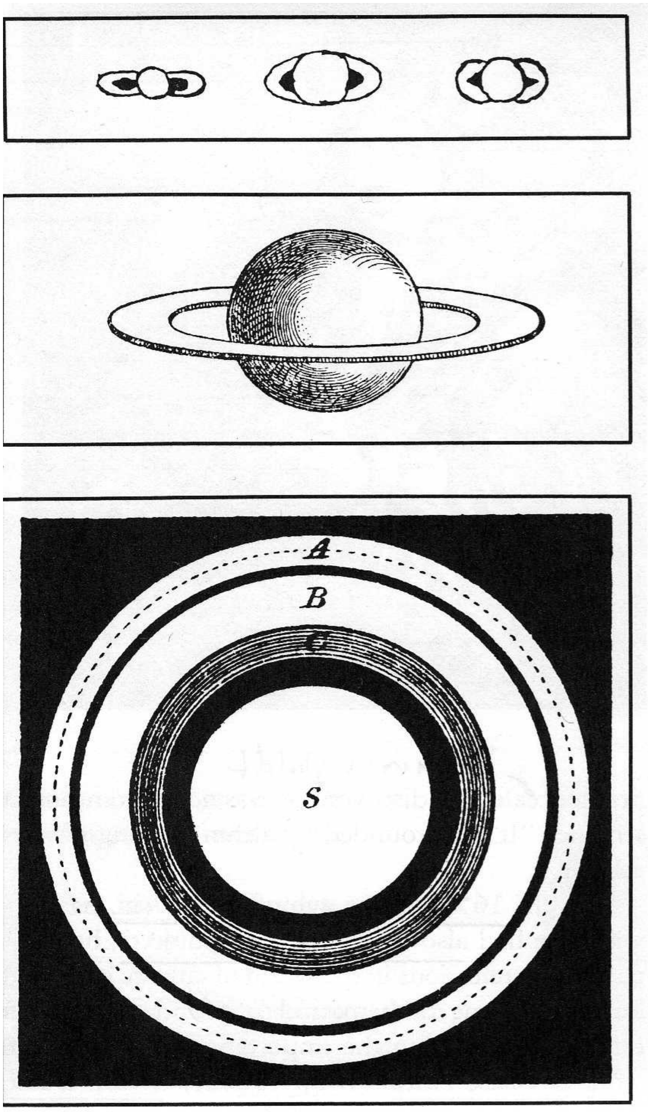
Huygens' "luftteleskop"

Christiaan Huygens var praktisk begavet. Han lærte sig at slibe linser og han kunne konstruere nogle af tidens bedste teleskoper. Dermed kunne han som den første påvise, at de to små ”stjerner”, som Galilei havde fundet på siderne af planeten Saturn, i virkeligheden var en ring. Han skrev i 1655: ”Den [Saturn] er omgivet af en tynd ring, der ikke berører den og som hælder mod ekliptika”.

I 1655 afsluttede Huygens i en alder af 26 år sine studier i Leyden. Efter sin fars ønske havde han også studeret jura. Hans far sendte ham til Paris og via farens forbindelser i dette kulturcentrum samt Saturn-observationerne og et par mindre afhandlinger om matematik blev han hurtigt kendt. Han mødtes med betydelige franske videnskabsmænd, især matematikere. Efter sin hjemkomst til Haag forbedrede han yderligere sine teleskoper og Saturn-observationerne.



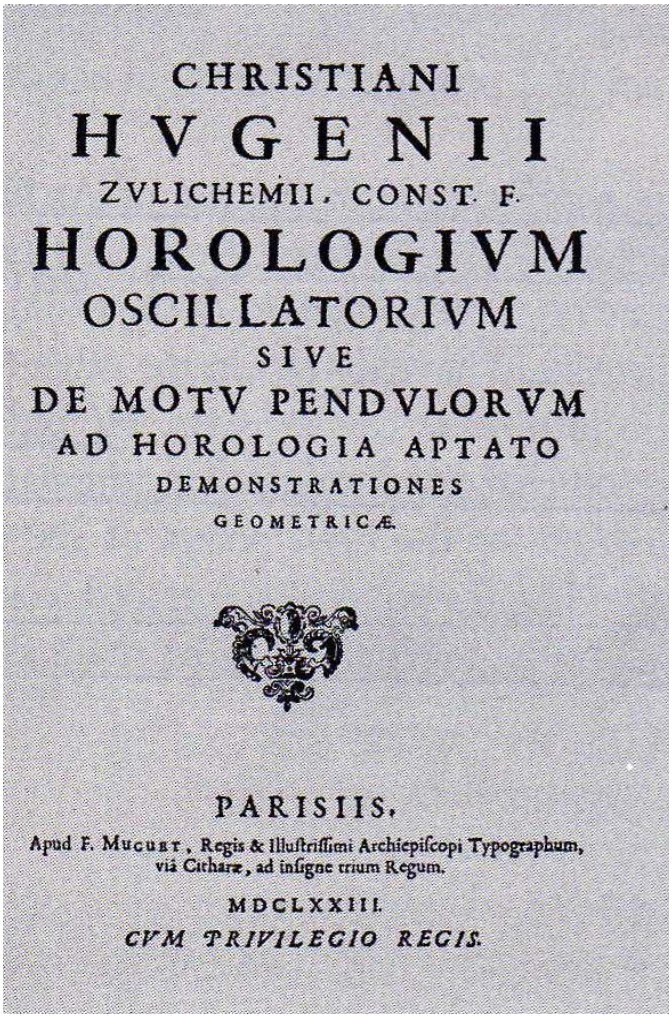
Huygens' diagram fra Systema Saturnium (1659), der viser hvordan Saturns varierende udseende kan forklares ved at antage, at planeten er omgivet af en ring, hvis hældning ses forskelligt fra Jorden til forskellige tider.



Øverst: *Galileis tegning af Saturn, som ses at have små "stjerner" på siderne. Sendt til an anden astronom i 1616.*

I midten: *Huygens' tegning med ringen i hans værk Systema Saturnium (1659).*

Nederst: *Tegning af Maxwell fra 1856.*

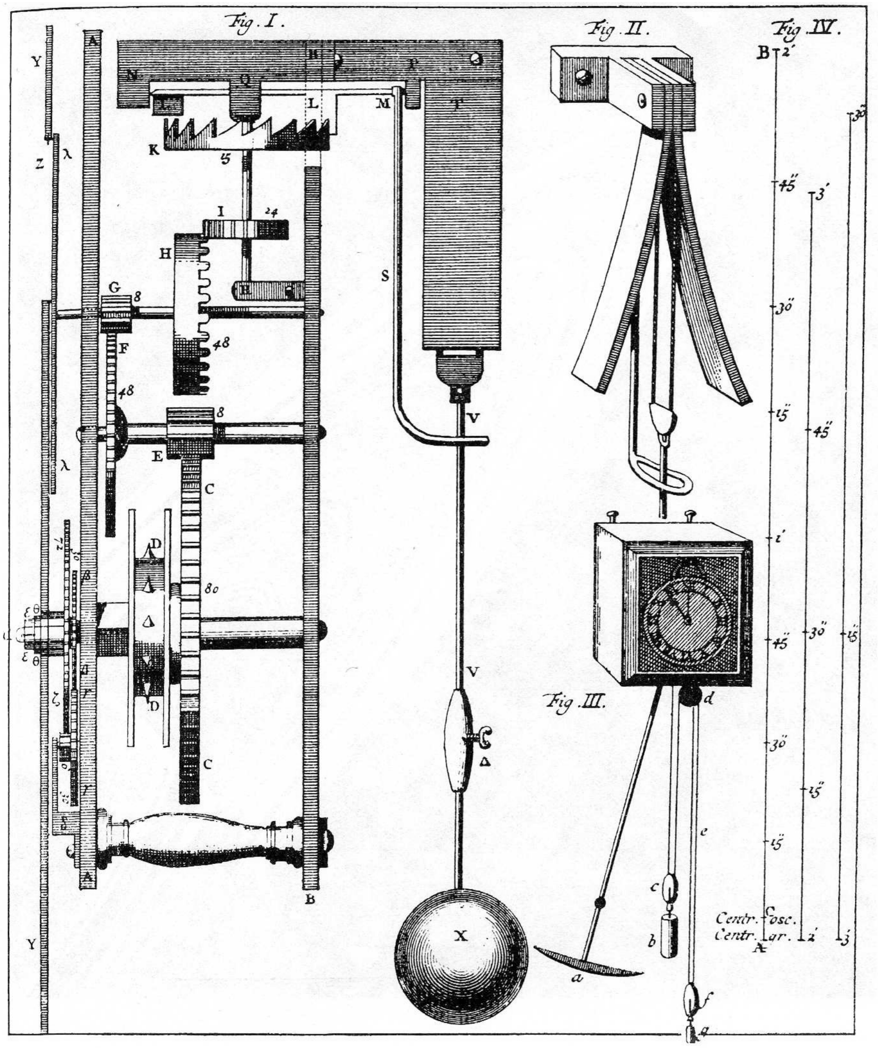

CHRISTIANI
HVGENII
ZVLICHEMII, CONST. F.
HOROLOGIVM
OSCILLATORIVM
SIVE
DE MOTV PENDVLORVM
AD HOROLOGIA APTATO
DEMONSTRATIONES
GEOMETRICÆ.

PARISIIS,
Apud F. MUGUET, Regis & Illuſtriſſimi Archiepiſcopi Typographum, viâ Citharæ, ad inſigne trium Regum.
MDCLXXIII.
CVM PRIVILEGIO REGIS.

I 1658 publicerede Huygens Horologium.

I 1673 publiceredes et større værk Horologium oscillatorium, der indeholder mange vigtige arbejder i matematik og fysik, bl.a. perioden for små oscillationer.

Perioden fra 1650 til 1666 blev den mest frugtbare i Huygens' liv. Han udførte i hurtigt tempo og samtidig adskillige projekter inden for vidt forskellige områder. Han forbedrede pendulet, idet han opfandt en metode til svingninger i en periode uafhængig af amplituden. Han gjorde opdagelser i teoretisk matematik, men vigtigere undersøgte han i perioden fra 1652 til 1656 lovene for kollision og beviste reglen for bevarelse af momentum. I 1659 studerede han centrifugalkraft og påviste værdien for cirkulær bevægelse.



Huygens' Urværk (pendulur).

Fra Horologium oscillatorium (1673).

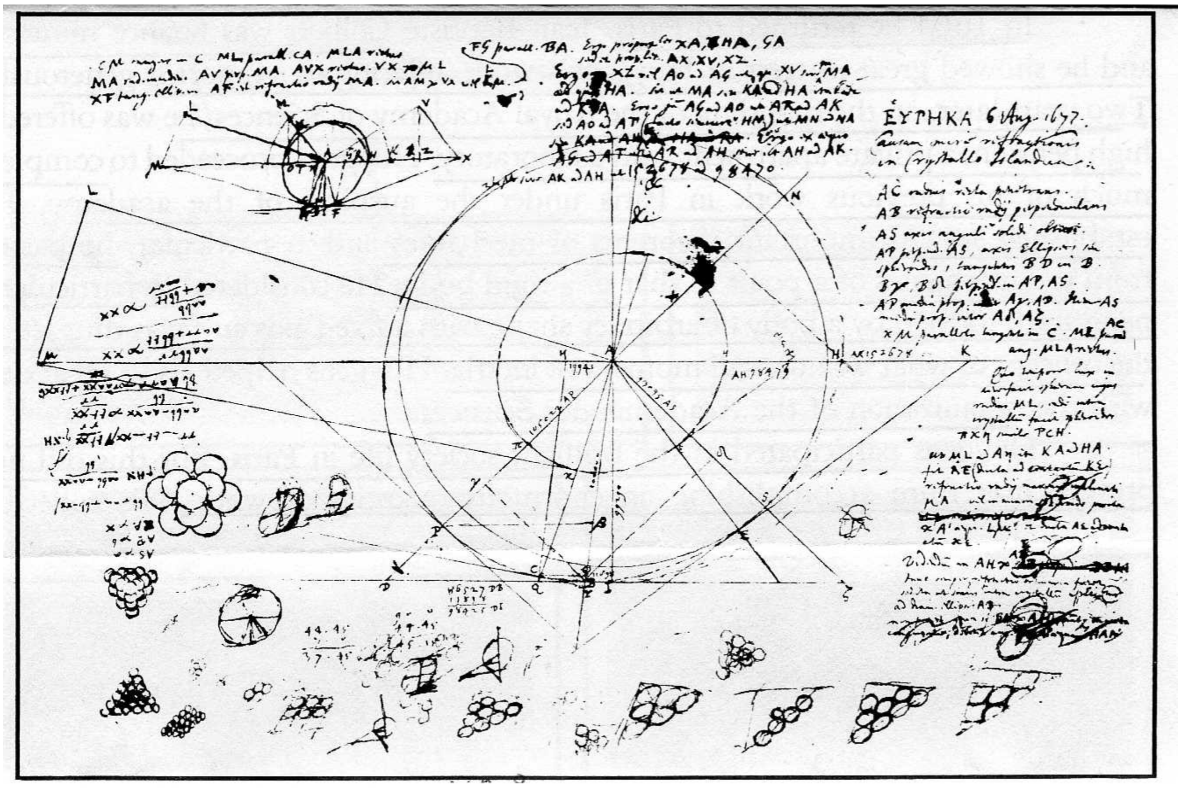
Urværker, penduler og måling af tid var hovedinteresser for Huygens hele livet, især den praktiske anvendelse i navigation. I den forbindelse forklarede han breddegradens effekt på pendulets periode.

I 1660 kom han tilbage til Paris. Her mødte han igen matematikeren Pascal og blev præsenteret for Kong Ludvig XIV. Han var nu berømt og blev derfor i 1661 inviteret af britiske forskere til et besøg i London. Ved tilbagekomsten til Haag arbejdede han videre på urværk, akustik og udforskning af vakuums natur inspireret af erfaringerne i udlandet.

I 1664 vendte han igen tilbage til Paris. Finansminister Colbert viste stor interesse i hans arbejde og ydede betydelig støtte. To år senere med oprettelsen af det kongelige videnskabsakademi, *Académie des Sciences,* fik Huygens tilbudt en høj pension, en privat bolig og et laboratorium. Han fortsatte med at fuldføre mere af sit tidligere arbejde under akademiets auspicier. Han fremsatte vigtige teorier om mekanik og udvidede mekanikkens regler til at gælde for faste legemer. Men især arbejdede han med penduler med en fikseret akse og konceptet af det, vi i nutiden kalder inertimomentet. Desuden var han en dygtig organisator af akademiets arbejde.

Trods ivrig deltagelse i selskabslivet havde Huygens en enorm arbejdskapacitet. Hans samlede produktion inklusive korrespondance fylder 32 bind.

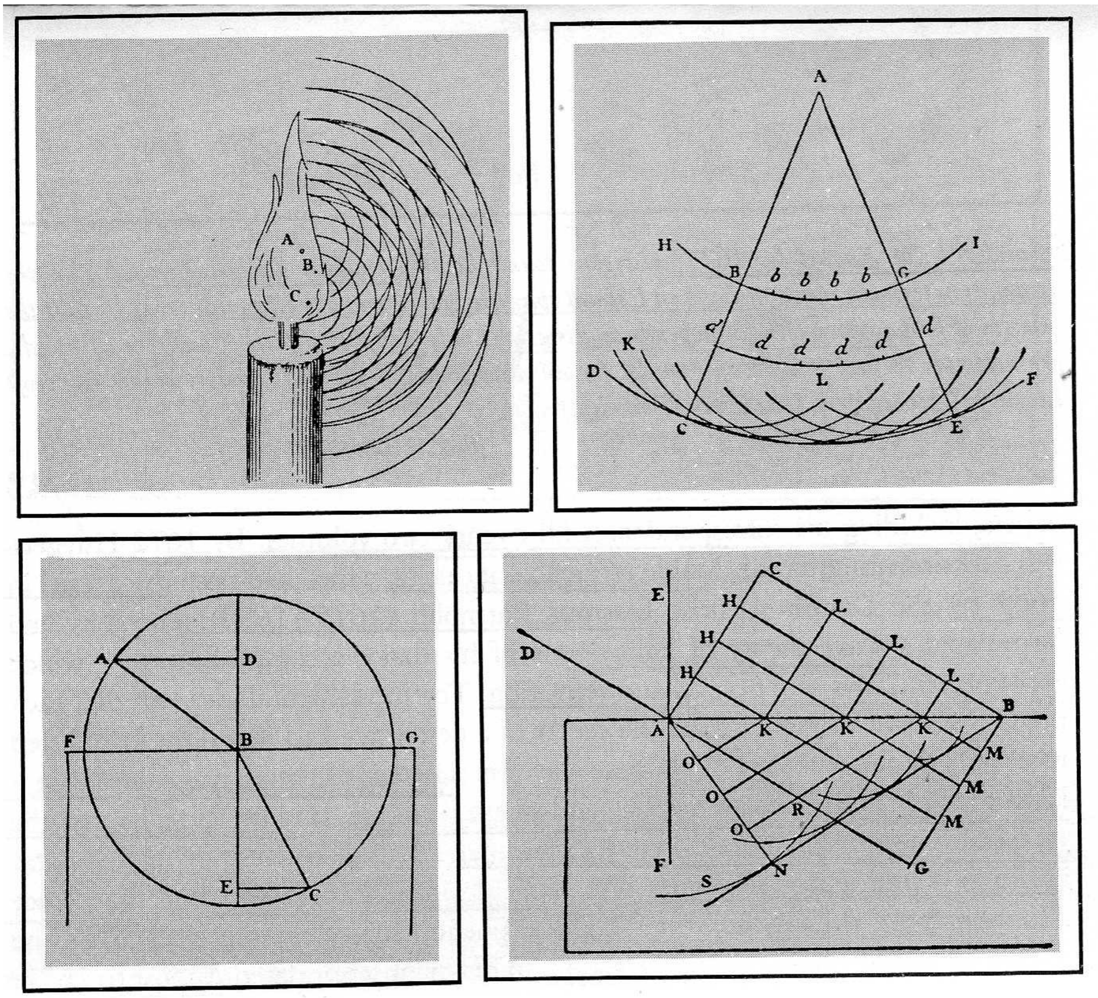
I 1672 eksperimenterede han med dobbeltbrydningen i kalkspat, der var opdaget af danskeren Erasmus Bartholin (1625-1698). Huygens havde udviklet sin lysteori, - en af hans vigtigste aktiviteter, - der kunne forklare refleksion og refraktion. Den grundlæggende ide var, at hvert punkt af en bølgefront bliver center for en ny bølge og at lys kun manifesterer sig på ”overfladen” af alle disse småbølger. Huygens teori var udmærket, men manglede klarhed med hensyn til interferens og faserelation. Tillige mente han, at vibrationerne ligesom i lydbølger var longitudinale. Hans teori var vanskelig at bevise, men syntes at forklare hidtil dunkle fænomener. Men i 1677 lykkedes det ham ved hjælp af lysteorien at forklare dobbeltbrydningen. På sit papir med løsningen har han skrevet ””Eureka” (som Arkimedes). Newton havde skrevet sine første ”optickspapirer” i 1672 og Huygens fremsatte mild kritik. Trods dette blev Newton yderst opbragt, idet han mente, at lyset bestod af partikler.



"Eureka!" Den 6. august 1677 fandt Huygens ud af,

hvordan dobbeltbrydningen i kalkspat skulle forklares.

Fra 1670 satte perioder ind med vaklende helbred. I 1676 og igen i 1681 var han syg i omkring to år. Under sygdomsperioderne vendte han tilbage til Haag, men ellers boede han i Paris, selv under den fransk-hollandske krig. I 1683 døde Colbert. Det medførte en ændring i den franske politik, idet *Nantes* Ediktet ophævedes i 1685. Følgen var undertrykkelse af protestanter som Huygens. Han måtte derfor forlade Paris og vende tilbage til Holland. Vigtige dele af hans forskning blev nu udgivet som bøger, f.eks. *Traité de la lumière* om lysteorien i 1690. Den kan opfattes som et modstykke til Newtons *Opticks.*



Småbølger af lys i i Huygens Traité de la lumière.

Værket er fra 1690.

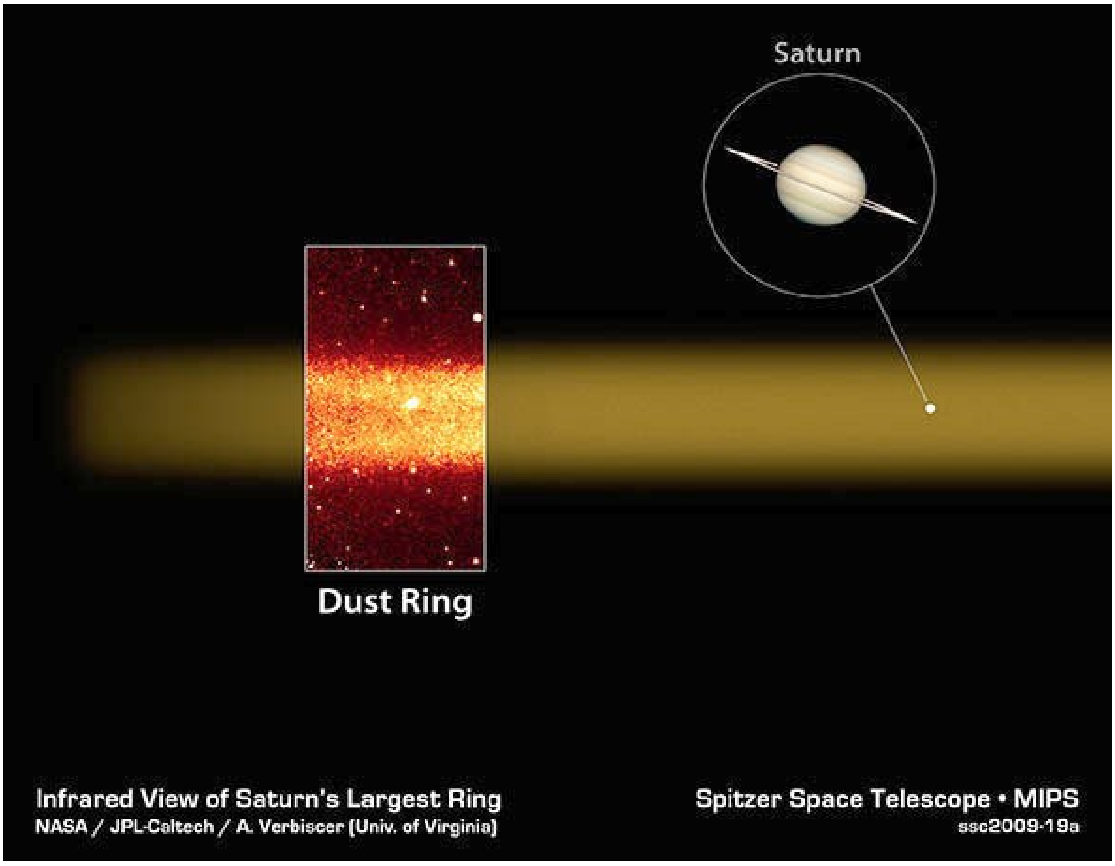
Under sin sidste sygdom i 1695 nægtede han at lade sig velsigne af en protestantisk præst. Derfor udsattes han for kritik. Huygens var spagfærdig i kritiske perioder af livet og meget opmærksom på menneskelig skrøbelighed.

Huygens enorme arbejdsindsats omfatter som omtalt også matematik, - som en forløber for moderne matematik. Han havde tillige ideer om gravitation. Huygens indsats er et højdepunkt i nederlandsk videnskabelig tradition.

Huygens var en ven af Ole Rømer, som havde truffet ham i Paris.

Efterskrift

Med NASA's rumteleskop Spitzer har man i 2009 opdaget en ring omkring Saturn, der er langt større end nogen tidligere set. Ringen "begynder" omkring 6 millioner kilometer fra planeten og "slutter" ude i en afstand på 12 millioner kilometer. Koncentrationen af stof er meget lav, derfor er ringen ikke synlig med det blotte øje. For at afsløre tilstedeværelsen af den store ring måtte Spitzers *longer wavelength IR camera* tages i brug. Selv om støvet i ringen kun har en temperatur på 70 grader Kelvin (ca. minus 200 grader Celsius), er der nok termisk udstråling til, at Spitzer har kunnet opfange det. Spitzer Teleskopet blev opsendt i 2003. Det kredser omkring solen og var i december 2009 107 millioner kilometer fra Jorden.



Noter

Alexander, A. F. O'D. The Planet Saturn. A History of Observation, Theory and Discovery. London: Faber and Faber, 1962.

Bell, Arthur E. Christian Huygens and the Development of Science in the Seventeenth Century. Reprinted edition. London: Edward Arnold & Co., 1950.

Biography Christiaan Huygens (http://sci.esa.int/sciencee/www/object/index.cfm?fobjectid=13465)

Bos, H. J. M. Huygens, Christiaan. In Dictionary of Scientific Biography, edited by Charles Coulston Gillisipie, vol. 6, pp. 597-613. New York: Charles Scribner's Sons, 1972.

Huygens, Christiaan. Observations Astronomiques. Système de Saturne. Travaux Astronomiques. 1658-1666. Vol. 15 of Oeuvres Complètes de Christiaan Huygens. The Hague: Martinus Nijhoff, 1925.

Hoskin, Michael. The Cambridge Concise History of Astronomy. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom 1999.

Olaf Pedersen & Helge Kragh. Fra Kaos til Kosmos. Gyldendal 2000.

Segrè, Emilio. From falling bodies to radio waves. W.H. Freeman and Company, New York 1984.

Van Helden, Albert. "'Annulo Cingitur': The Solution of the Problem of Saturn." Journal for the History of Astronomy 5 (1974): 155-174.

Van Helden, Albert. "A Note About Christiaan Huygens's De Saturni Luna Observatio Nova." Janus 62 (1975): 13-15.