

Besvarelse af opgave i KVANT af Ole Rømer: "beregning og anvendelse af mit lommeur"

Af Poul Darnell

Poul Darnell har på vegne af Ole Rømer stillet en opgave om Rømers lomueur i forrige nummer af KVANT, og her bringes løsningen. Poul Darnell er pensioneret ingeniør, og hans interesse for Ole Rømer stammer fra, at han som den første nogensinde i 1982–84 fik lov til at adskille, opmåle, tegne og beskrive Ole Rømers planetarium og eklipsarium, som findes på Rosenborg Slot.

Opgaverne som blev stillet i sidste nummer af KVANT var:

1. Opstil det matematiske udtryk som viser, hvorledes tandhjulsudvekslingen vil frembringe $27000\frac{1}{2}$ slag (svingninger) pr. $1\frac{1}{2}$ time.
2. Beregn hvilke tider mit lommeur vil vise.
3. Fremkom med forslag til urets anvendelse.

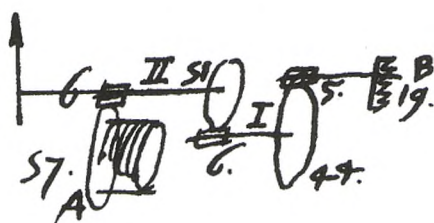
Besvarelse

1. Da der er tale om en beskrivelse af et samtidigt lomueur, kan følgende udtryk opstilles for det antal svingninger, som uroen vil udføre i $1\frac{1}{2}$ time:

$$\frac{57 \times 51 \times 44 \times (19 \times 2)}{6 \times 6 \times 5} = 27.002,8$$

svingninger i $1\frac{1}{2}$ time.

Som det ses, er tallene i tælleren netop tandantallene for hjulene, som vist på Rømers skitse. 2-tallet er tilføjet, fordi fligene, som går i indgreb med ganghjulet, foretager 2 svingninger for passage af hver tand (Rømer kalder det for "*38 halvsvingninger*", idet $2 \times 19 = 38$). I nævneren er de små hjuls (drevenes) tand antal angivet.



Figur 1. Ole Rømers skitse, der viser antallet af hjul og deres tandantal i lommeuret.

I teksten ses det, at Rømer kommer til det samme resultat som jeg; nemlig 27.002,5 (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. $1\frac{1}{2}$ time; så det gør jeg også:

$$\frac{27.000}{1.5} = 18.000$$

svingninger pr. time (h).

Antal svingninger pr. sekund:

$$\frac{18.000}{3.600} = 5$$

svingninger pr. sekund (s).

Astronomen G. F. Ursin, der har udgivet en bog om ure, anfører følgende for et lommeur: "17.000-18.000 svingninger i timen kræves, når uroen skal være en fuldstændig regulator" [1].

2. Jeg kan nu beregne hvilke tidsangivelser lommeuret vil vise, se figur 1:

- Uroen gør 38 svingninger for en omgang af ganghjulet B.

- Der gøres 5 svingninger pr. s.

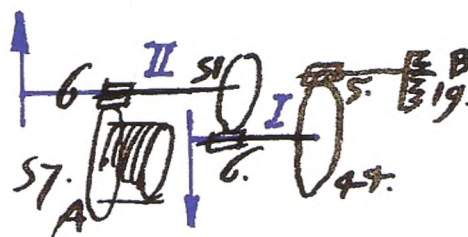
Dette betyder, at ganghjulet drejes en omgang i: $\frac{38}{5} = 7,6$ s.

Aksel I drejes derfor en omgang i: $7,6 \text{ s} \times 44/5 = 66,8 \text{ s} = 1,1 \text{ min.}$

Aksel II drejes derfor en omgang i: $7,6 \text{ s} \times 44 \times 51/5 \times 6 = 568,48 \text{ s} = 9,47 \text{ min.}$

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!

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 principskitzen således ud som på figur 2.



Figur 2.

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/armbåndsurs gang på.

Det er nu interessant at se, hvor hurtigt aksel II drejes. Akslen gør 1 omdrejning i:

$1 \times 51/6 \text{ min} = 8,5 \text{ min.}$

Vi har altså nu et lommeur med en sekundviser, som drejes 1 omgang i 60 sekunder, og med en minutviser som drejes 1 omgang i præcist 8,5 minutter. Dette indikerer at minutskiven på Rømers lommeur har været inddelt i 17 dele; dvs. $\frac{1}{2}$ minut pr. deling.

3. Følgende er gætteri, når det gælder dette lommeurs anvendelse; men man kan udemærket forestille sig, at astronomerne på Rømers tid kunne have haft brug for et bærbart observationsur, idet urene altid var placeret indendørs, hvorimod observations-instrumenterne ofte

blev placeret udendørs. Dette var eksempelvis tilfældet på Paris Observatoriet, hvor der øverst var en åben platform, hvorfra man kunne observere.



Figur 3. Observationsur til astronomisk brug, fremstillet i Paris af den franske urmager Abraham Louis Breguet.

Når man så justerede det bærbare ur efter et pendul ur, 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 visninger, og så konstatere den eventuelle tidsafvigelse for dernæst at korrigere observationen.

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, idet det temperaturkompenserende pendul endnu ikke var opfundet på dette tidspunkt [2]. Et lommeur med spindelgang og spiralbalance var en endnu dårligere tidsmåler end penduluret. Det kunne højst gå med en nøjagtighed indenfor 2–3 minutter pr. dag.

Hvordan så Rømers lommeur ud?

Det ved vi naturligvis ikke noget om; men det er interessant, at der findes et tilsvarende observationsur 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. Figur 3 viser uret.

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

Litteratur

- [1] G. F. Ursin (1843) *Om Uhre, deres Indretning og hensigtsmæssige Behandling*, København.
- [2] Det temperaturkompenserende pendul blev først opfundet i 1726 af den engelske urmager John Harrison. Ole Rømer kunne dog allerede i 1692 temperaturkorrigere sine pendulure; men på en anden måde. Se artiklen af Poul Darnell: *Ole Rømer's temperature correction of pendulum clock rates*, *Antiquarian Horology*, december 2013. Kan downloades her: www.danskhorologiskelskab.dk/wp-content/uploads/2017/08/ole_roemers_temperature_correction_of_pendulum_clock_rates.pdf

KVANT og GDPR

Af Bjarne Andresen, KVANT

På grund af GDPR-forordningen om persondata-beskyttelse skal vi informere dig om, at vi i forbindelse med, at du modtager KVANT, opbevarer visse personlige data om dig. Det er nødvendigt dels for at kunne sende dig vores medlemsudgivelser (fx KVANT og Europhysics News), dels for at kunne opkræve dit årlige kontingent/abonnement, samt endelig for at kunne sende dig relevante oplysninger om vores aktiviteter. Disse data omfatter højst følgende: navn, adresse, telefon, email, ansættelsessted, forenings- og

sektionstilhør, medlemstype, ind- og udmeldelsesdato, og kontingent/abonnement-betalingsdato. Specielt for modtagere af Europhysics News sender vi navn og adresse til European Physical Society for, at de kan udsende bladet direkte til dig. Ingen af de lagrede data bliver brugt til andre formål eller videregivet til andre organisationer. Ovenstående erklæring dækker også de samarbejdende foreningers og redaktionens håndtering af persondata. Astronomisk Selskabs persondatapolitik kan læses på hjemmesiden astronomisk.dk/foreningen/privatlivspolitik/.