

Tycho Brahe – breddeopgave 106 med didaktisk kommentar

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, INM, RUC.

Mit formål med artikelserien om breddeopgaver er – udover at gøre opmærksom på RUCs fysikuddannelse – dobbelt: Dels udvælger jeg opgaverne, så de kan have interesse som fysikproblemer i egen ret. Dels udvælger jeg dem med henblik på at kunne knytte didaktiske overvejelser til dem af interesse for fysikundervisere. I første omgang i forhold til universitetsundervisning. Men i anden omgang kunne der måske også trækkes paralleller til andre undervisningsniveauer.

Her bringes løsning og kommentar til opgaven fra forrige nummer samt fire nye opgaver. Opgaven i sidste nummer af Kvant var denne (nr. 106 her i Kvant):

Breddeopgave 106. Tycho Brahe

Tycho Brahe havde været død nogle år, da Galilei som den første tog kikkerten i brug ved astronomiske observationer. Tycho Brahes målinger blev udført ved hjælp af sigteinstrumenter og ved brug af det blotte øje. Hans målenøjagtighed var nogle få bueminutter. Er det muligt med hans metode at måle nøjagtigere end han gjorde? Begrund svaret.

Løsning

Et bueminut er $2\pi/(360 \cdot 60)$ rad $\approx 3 \cdot 10^{-4}$ rad. Der er diffraktion af lyset ved passagen gennem øjets pupil. Grænsen for øjets opløsningsevne er derfor givet ved forholdet mellem bølgelængden af synligt lys (ca. 500 nm) og pupillens diameter (ca. 0,5 cm). Grænsen er ca. $(500 \text{ nm} / 0,5 \text{ cm}) \text{ rad} = 10^{-4} \text{ rad} \approx 1$ bueminut. Tycho Brahes målinger var således i nærheden af det fysisk mulige med den målemetode han anvendte.

Kommentar

Ved arbejdet med denne opgave sammen med de studerende på breddekurset plejede jeg, som de fleste andre fysiklærere ville gøre det, at omtale Tycho Brahes parallaksemålinger, hvis negative resultat førte ham til valget mellem:

Enten:

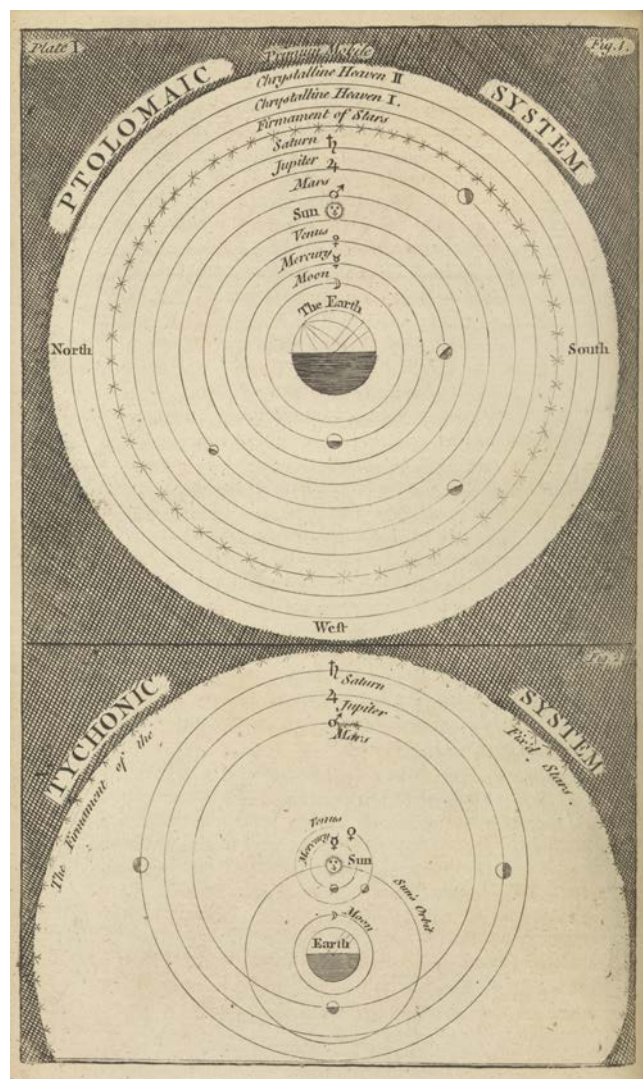
1. Jorden bevæger sig ikke i forhold til fiksstjernehimlen.

Eller:

2. Afstanden til den nærmeste stjerne er så langt væk, at dens parallakse ikke kan måles.

Som bekendt valgte Tycho Brahe den første frem for den anden mulige fortolkning af hans målinger ved at gå ind for et verdensbillede med Solen kredsende omkring en stillestående Jord og med de øvrige planeter i følgeskab med Solen kredsende omkring den. Fraværet af observeret parallakse til nærmeste stjerne betød med hans målenøjagtighed på få bueminutter, at et verdensbillede med Jorden i kredsløb omkring en stillestående Sol i forhold til fiksstjernehimlen ville

betyde en afstand til stjernen, der forekom ham absurd stor.



Figur 1. Tycho Brahes kompromis-verdensbillede (nederst) mellem det Ptolemæiske verdensbillede (øverst) og det Kopernikanske verdensbillede. Fra “The Young Gentleman and Lady’s Philosophy, in a Continued Survey of the Works of Nature and Art; By Way of Dialogue.” (1759) af Benjamin Martin (1705–1782) [Wikimedia Commons].

Tycho Brahe havde ret i enten/eller-konklusionen på sine målinger. Men han valgte jo galt mellem de to mulige valg. Parallaksen til den nærmeste stjerne vides nu at være ca. et buesekund. Altså meget mindre end Tycho

Brahes målenøjagtighed på få bueminutter. Der gik et par hundrede år efter Tycho Brahe, før den blev målt. Derfor blev der fx på Københavns Universitet i mere end hundrede år undervist i Tycho Brahes kompromisverdensbillede mellem det Ptolemæiske verdensbillede og det Kopernikanske verdensbillede.

I Søren Kjørups og min bog "Om fysik", om fysikken i historisk og samfundsmæssig belysning [1] omtaler vi ikke Tycho Brahes verdensbillede. I det hele taget omtaler vi kun Tycho Brahe i en parentes som den, hvis målinger Kepler udviklede sine love ud fra. I bogens historiske gennemgang af fysikken fra Aristoteles til mikroelektronikrevolutionen, betegnelsen for IT revolutionen i 1983, var der ud af bogens 141 sider kun plads til knapt 5 sider om ændringen af forståelsen af "himlens fysik" under den videnskabelige revolution. Og de sider blev da næsten udelukkende brugt til at fokusere på skiftet fra det Ptolemæiske system til det Kopernikanske system.

Kontrasten mellem min og Søren Kjørups sparsomme omtale af Tycho Brahe i vores bog og min mere uddybende omtale af ham i sammenhæng med breddeopgaven er, synes jeg, et godt eksempel på en vanskelighed ved historieskrivning. I sammenhæng med fysikundervisning og i det hele taget. Historieskrivning er spændt ud mellem facts og tolkninger. Skrivningen kan gøres mere og mere facts-nær, jo mere der zoomes ind på detaljer i historiens gang. Medens skrivningen bliver mere og mere afhængig af redaktionelle tolkningsgreb, når der males med den brede pensel, hvor detaljer må vige i takt med stigende grad af fugleperspektiv. I "Om fysik"-bogen blev Tycho Brahes verdensbillede en detalje, der ikke var redaktionel plads til. Hvorimod præsentationer af hans verdensbillede, som et skridt på vejen mellem det Ptolemæiske og det Kopernikanske, i sammenhæng med breddeopgaven her, dels har gjort undervisningen mere levende, dels bidraget til de studerendes opmærksomhed på, at fysik ikke er faldet ned fra himlen som stentavler.

Det er som ved tegning af geografiske kort. Jo større område kortet skal dække, jo flere detaljer forsvinder. Styret af formålet med kortet. I "Om fysik"-bogen er gennemgangen af "Fysikken i Historien" opdelt efter perioderne, Den videnskabelige revolution, Den industrielle revolution og Den videnskabeligt-industrielle revolution, til belysning af fysikkens udvikling som del af den bredere historiske udvikling af sammenhængen mellem videnskab, teknologi og samfund. Til belysning heraf fandt vi ikke plads til Tycho Brahe. Men i en bog om fx fysikkens bidrag til udviklingen af en videnskabelig kultur for metodisk dataindsamling, til forskel fra enkeltstående anekdotisk viden, ville han derimod skulle have en hovedrolle, hvor ovenstående kommentering af breddeopgaven kunne indgå.

Videnskabshistorikere er undertiden frustrerede over historiske myter i fysiklærebøger og blandt os fysikundervisere. Det forstår jeg godt. Alligevel synes jeg ikke, at vi skal holde os tilbage fra at kaste historisk lys på de fysikemner, vi underviser i, selvom vi ikke er

videnskabshistorikere. Selvfølgelig skal vi så vidt muligt holde øje med ikke at levere fejlagtige facts om fysikkens historie. Men på trods af risikoen for at formidle myter skal vi turde bruge fysikhistorien i undervisningen som bidrag til at give elever og studerende oplevelsen af fysik som en levende menneskelig og samfundsmæssig aktivitet. I forordet til "Om fysik"-bogen skrev vi: "Dette er ikke en fysikbog eller en indføring i fysikkens historie, men netop en bog om fysik. Bogen præsenterer et synspunkt på hvad fysik er og på sammenhængen mellem fysik og samfund i et historisk perspektiv." I dag tænker jeg, om ikke også historikere præsenterer synspunkter?

Breddeopgave 107, 108, 109 og 110. Boltzmannfaktoren

Inden næste nummer af Kvant udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningerne til disse fire opgaver fra breddekurset på RUC (fra eksamen august 2013, eksamen juni 2014, eksamen juni 1992 og eksamen juni 1987, nr. 107, 108, 109 og 110 i rækken her i Kvant):

Magnetiske såkaldte enkeltdomænepartikler til data-lagring har typisk en foretrukken akse, hvor energien er mindst ved magnetisering i de to retninger langs aksens. Det kræver større energi proportionalt med partiklernes volumen at magnetisere dem på tværs af aksens. Hvordan afhænger den tid, man kan regne datalagringen for uforstyrret af termiske fluktuationer, af partiklernes volumen? Begrund svaret.

Båndgabets i isolatorer er større end i halvledere. Men ikke størrelsesordenen større. Hvoraf kommer det da, at de specifikke ledningsevner for isolatorer og halvledere afviger mange størrelsesordener fra hinanden? Begrund svaret.

Mættede dampes tryk over en væske øges typisk med temperaturen proportionalt med $\exp(-T_0/T)$. Forklar dette og angiv hvad T_0 afhænger af.

Erfaringsmæssigt varierer viskositeten af væsker typisk som $\exp(+T_0/T)$ (T_0 er en konstant). Virker det rimeligt ud fra et mikroperspektiv? Begrund svaret.

Løsninger og kommentar bringes i næste nummer af Kvant.

Litteratur

- [1] J. H. Jensen og Søren Kjørup (1983) "Om Fysik 1", Hans Reitzels Forlag, København.

KIF-prisen 2023

Kvinder i Fysik (KIF) har i år uddelt KIF-prisen for 2023 til Amalie Stokholm. Læs mere på side 43 samt hele interviewet med Amalie på Kvinder i Fysiks hjemmeside: kvinderifysik.dk/2023/11/13/interview-with-kif-prize-winner-2023-amalie-stokholm/