

Newton, Galilei og planeternes oprindelse

Tom Bøgeskov



Solsystemets begyndelsesbetingelser

Jens M. Knudsen og Poul G. Hjorth har i deres nye bog⁴ et par bemærkninger til spørgsmålet om solsystemets oprindelse. De skriver: "Baneformen er ikke blot bestemt af Newtons love, men også af begyndelsesbetingelserne. Denne kendsgerning gør det muligt at finde ud af noget om solsystemets oprindelse. Den kendsgerning at planetbanerne næsten ligger i samme plan har noget at gøre med systemets begyndelsesbetingelser, og er ikke foreskrevet af kraft- og bevægelseslovene." (side 362)

"Solsystemet er formet som en skive vinkelret på den oprindelige impulsmomentvektor. Alle planeterne bevæger sig i samme retning rundt om Solen, den oprindelige rotationsretning (for den gas- og støvsky, som omgav den nyfødte sol). Solsystemet "husker sin fødselsproces", dvs. begyndelsesbetingelserne". (side 234)

Og om Månen skriver de: "Månen er ganske enkelt "blevet tildelt" en begyndelseshastighed vinkelret på Jordens gravitationsfelt og af en sådan størrelse, at Månen til trods for dens stadige fald mod Jordens centrum aldrig kommer nærmere jordoverfladen." (side 17)

Det er interessant, at det præcis er de samme fænomener (fælles baneplan og omløbsretning; "tildelingen" af en bestemt størrelse for den tværgående hastighed) og indsigten i bevægelseslovenes begrænsede forklaringskraft, der ligger til grund for de overvejelser over solsys-

temets oprindelse, vi finder hos den klassiske mekaniks pionerer: Galilei og Newton. Mens Newton lægger begyndelsesbetingelserne i hænderne på en almægtig Gud, så præsenterer Galilei en fantastisk "teori", forklædt som en Platonmyte. Som vi skal se, krydser denne Platonmyte også Newtons overvejelser over solsystemets oprindelse.

"Den Universelle Hersker"

Newton var i årene efter udgivelsen af *Principia Mathematica* (1687) udsat for en skarp teologisk kritik, der undertiden slog over i anklager for ateisme. De to vigtigste frontfigurer i denne kritik var filosofferne Leibniz og George Berkeley. Som en reaktion herpå forsynede Newton *Principias* andenudgave (1713) med et afsluttende kapitel (General Scholium), som for en stor del udgøres af teologiske betragtninger. Newton argumenterer her for nødvendigheden af en overnaturlig guddommelig kraft i naturen, dvs. en kraft, som er en forudsætning for at naturen kan fungere, som den gør, men som der ikke kan redegøres for ved hjælp af naturlovene.

Newtons hovedargument er netop solsystemets funktionsmåde. Gravitationsloven og bevægelseslovene kan gøre rede for, hvordan planeterne bevæger sig. Men problemet er, at lovene ikke kan forklare, hvordan disse bevægelser er sat i gang, ligesom de heller ikke kan forklare den fælles baneplan og cirkulationsretning. Kometerne kredser jo også omkring Solen i (meget ekscentriske) ellipsebåner, som går gennem det samme gravitationsfelt som planetbanerne, men alligevel bevæger de sig i alle mulige retninger og planer, hvorfor der ikke kan være naturlige mekaniske årsager til planeternes fælles baneplaner og omløbsretninger.

"Solens, planeternes og kometernes allerskønneste system - skriver han - kan kun være fremgået af et tænkende og magtfuldt Væsens beslutning og herredømme"^{5, p. 544}; et Væsen, som "styrer alle ting", er "Herre over alt", er "den Universelle Hersker", og som i øvrigt (som han siger andet steds) "er særdeles velbevandret i mekanik og geometri."

Newton drager den, måske overraskende, slutning, at ræsonnementer over Gud "på grundlag af naturfænomenerne afgjort hører til naturfilosofien."^{5, p. 546}

Planetbevægelsen, naturlig og guddommelig

En væsentlig kilde til Newtons naturfilosofiske metafysik udgøres af fire breve, som han skrev ved årsskiftet 1692-93 til Richard Bentley⁶.

Bentley (1662-1742), der i øvrigt blev initiativtageren til nyudgivelsen af *Principia* i 1713, og som i 1692 var kapellan i London, var i dette år blevet udset til at holde de første "Boyle Lectures". Fysikeren Robert Boyle, som var

død året før, havde testamenteret en årlig rente til afholdelse af 8 forelæsninger om året med det formål at bevise den kristne tros sandhed. Bentleys første forelæsninger havde gjort brug af Newtons Principia i et forsøg på at vise, at den nye videnskab ikke førte til materialisme, men tværtimod udgjorde et solidt grundlag for materialismens tilbagevisning. Bentley, som var teolog og en af sin tids bedste klassiske filologer, men uskolet i naturvidenskab, søgte hjælp hos Newton for at få afklaret, hvilken plads "Gud skaberen" måtte have i den newtonske kosmologi.

Jeg koncentrerer mig i det følgende om de afsnit i brevene, der behandler solsystemets begyndelsesbetingelser, dvs. "den guddommelige faktor" i planetbevægelsen.

Newton, der i brevene behandler planetbanerne som cirkulære, opfatter planetbevægelsen som sammensat dels af et fald mod Solen forårsaget af gravitationskraften og dels af en tværgående inertialbevægelse, der bevarer sig selv, og ikke har brug for nogen kraft for at forløbe. Dvs. at planetbevægelsen kan beskrives uden at inddrage andre kræfter end netop gravitationskraften, der virker langs akse mellem Solen og planeten.

Men nu er spørgsmålet: Hvordan er denne tværgående bevægelse opstået i et univers, hvor der (ifølge Newtons hypotese) oprindeligt ikke er andet end jævnt fordelt materie, og hvor der mellem materiedelene kun virker gravitationskræfter? Frembringelsen af den for banebevægelsen nødvendige tværgående bevægelse bliver uforklarlig, da de eneste eksisterende kræfter står vinkelret på denne bevægelse - der mangler en impuls til igangsættelse af inertialbevægelsen.

Newtons bud på en løsning er enkel. Han skriver til Bentley: "Jeg kender ingen magt i naturen, som kunne forårsage denne tværgående bevægelse, bortset fra den guddommelige arm."^{6,p.52}

Men der er mere: For denne guddommelige tværgående impuls er ikke blot som sådan tilstrækkelig for at få planetsystemet til at fungere. Den må også være af en nøje afmålt størrelse, således at den tildeler hver enkelt planet præcis den bestemte hastighed, $v = \sqrt{GM/r}$, som er nødvendig for at planeten kan cirkulere i den givne afstand, r , fra Solen under indvirkning af kraften fra Solens masse, M .

Newton skriver til Bentley: "Der findes heller ikke nogen naturlig årsag, som kunne give planeterne de præcise hastigheder, som kræves i forhold til deres afstande fra Solen og andre centrallegemer for at få dem til at bevæge sig i koncentriske baner omkring disse legemer (...) Der krævedes, for at frembringe dette system med alle dets bevægelser, en årsag, som kunne begribe og sammenholde Solens og planeterne respektive masser og de gravitationskræfter, der udgår fra dem, primærplaneterne respektive afstande fra Solen og de sekundære planeters afstande fra Saturn, Jupiter og Jorden, og de hastigheder, hvormed disse planeter kunne kredse omkring de masser, som er indeholdt i centrallegemerne. Nødvendigheden af at kunne sammenholde og tilpasse alle disse ting hos så stor en variation af legemer overbeviser om, at denne årsag

ikke er blind og tilfældig, men er særdeles velbevandret i mekanik og geometri."^{6,p.48f}

Platonmyten

Newton går imidlertid et skridt videre i sine overvejelser over tilblivelsen af planeterne cirkulationshastigheder. De kunne måske frembringes ved hjælp af gravitationskræfter, dvs. ved et tidsafgrænset accelereret fald. Han inddrager hertil den franske feltmarskal Blondel, som i 1683 havde udgivet et ballistisk værk: *L'art de jeter les bombes* (Kunsten at kaste bomber):

"Blondel - skriver Newton til Bentley - fortæller os et sted i sin bog om bomber, at Platon hævder, at planeterne bevægelse er beskafte som om de alle var skabt af Gud i en region meget fjernt fra vores system og derfra er faldet mod Solen; og straks de ankom til deres respektive baner, blev deres faldbevægelse drejet til siden og ændredes til en tværgående bevægelse. Og dette er rigtigt, hvis man forudsætter, at Solens gravitationskraft var fordoblet i det øjeblik, hvor de alle ankommer til deres respektive baner. Men i så fald er den guddommelige magt påkrævet i to henseender, nemlig til at dreje de faldende planeters bevægelse til siden, og på samme tid, til at fordoble Solens tiltrækningskraft.

Tyngden kan altså sætte planeterne i bevægelse; men uden den guddommelige magt kunne den aldrig sætte dem i en cirkulerende bevægelse omkring Solen af den art, som de har. Og derfor, af denne som af andre grunde, er jeg tvunget til at henføre indretningen af dette system til et tænkende og handlende Væsen."^{6,p.52f}

Galilei og Platonmyten

Som det fremgår af Bentleys næste brev, er han forståeligt nok lidt forvirret med hensyn til, hvordan det hele hænger sammen. Men det er også i dette brev, han gør Newton opmærksom på, at han har fundet den samme Platon-myte hos Galilei, som hævder, at man kan finde planeterne faldhøjde, og dermed det oprindelige sted for deres dannelse, ved hjælp af accelerationsloven for det frie fald, blot man kender planeterne cirkulationshastigheder og afstanden mellem deres baner.

Men han må have taget fejl, skriver Bentley, for han kendte ikke loven om tyngdens aftagen med kvadratet på afstanden fra centrallegemet.

Blondels kilde til myten er utvivlsomt Galilei. Men Galileis kilde? Ja, Platon er det næppe, idet myten ikke findes i de bevarede Platonskrifter, og tilsyneladende heller ikke i andre antikke kilder. Det er da overvejende sandsynligt, at ikke blot angivelsen af Platon som ophavsmand, men også myten selv er Galileis egen opfindelse. Måske - men også kun måske, for Galilei var en filur - er myten hans egen maskerede teori om planetsystemets oprindelse. Den "platoniske" planetteori fremstilles i begge Galileis hovedværker^{1,2}, der er skrevet som dialoger mellem de tre figurer: Salviati (Galileis talerør), Sagredo (den sunde fornuft) og Simplicio (ptolemæer og aristoteliker). I "Discorsi" skriver han: "Sagredo: Platon siger, at Gud,

efter at have skabt de bevægelige himmellegemer, for at tildele dem de hastigheder, hvormed de siden i jævne cirkelbevægelser skulle bevæge sig for evigt, fik dem til fra hviletilstanden at bevæge sig bestemte vejlængder med den naturlige og retlinede bevægelse, hvormed vore jordiske legemer påviseligt bevæger sig, når de falder accelereret fra hviletilstanden. Og han tilføjer, at når de havde opnået den tiltænkte hastighed, som de siden skulle opretholde evigt, så omformede han deres retlinede bevægelse til en cirkulær bevægelse, som alene er i stand til at bevare sin jævne hastighed." (Inertialbevægelsen er cirkulær hos Galilei)

Sagredo stiller det oplagte spørgsmål, om "vores forfatter" (dvs. Galilei) ikke har været nysgerrig efter at beregne den afstand, hvorfra planeterne må være faldet? Salviati svarer:

"Jeg mener at kunne huske, at han har fortalt mig, at han engang har foretaget denne beregning, og fundet den i fin overensstemmelse med observationerne. Men han var ikke villig til at tale om det, idet han mente, at det i betragtning af den harme, mange af hans nye opdagelser havde fremkaldt, blot ville antænde nye luer. Men hvis nogen skulle have lyst til noget sådant, så kan man gøre det selv på grundlag af læren i nærværende afhandling."^{2, p. 265 f}

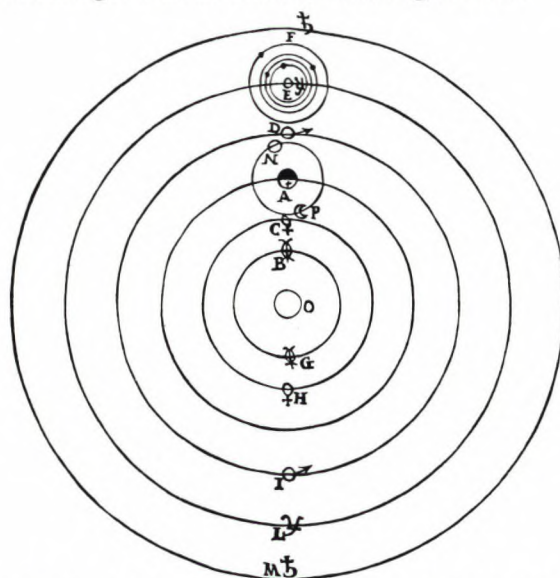
Denne opfordring bør vi ikke sidde overhørig, for der findes intetsteds hos Galilei selv beregninger til bestemmelse af planeternes "oprindelige sted", eller som den tredje dialogpartner, aristotelikeren Simplicio, siger: "sædet for den første årsag".



Filuren Gallileo efter et kobberstik fra 1624 af Ottavio Leoni

Derimod finder vi i "Dialogen om de to systemer" anvisninger på, hvordan disse beregninger kan foretages:

"For at foretage denne undersøgelse må man hos de mest kyndige astronomer indhente oplysninger om størrelserne af de cirkler, hvori planeterne kredser, og om deres omløbstider"... "Af forholdet mellem Jupiters og Saturns hastigheder, af afstanden mellem deres baner og af proportionen for den naturlige bevægelses acceleration, kan man finde i hvilken højde og afstand fra deres cirkulationscentrum det sted befandt sig, hvorfra de er udgået. Har man fundet det, så undersøger man, hvordan det forholder sig med Mars, hvis den falder derfra til sine bane, og finder at størrelsen af banen og hastigheden er i overensstemmelse med det beregnede; og tilsvarende gør man for Jorden, Venus og Merkur."^{1, p. 37 f}



Gallileis model af det kopernikanske system. Hentet fra "Dialog om de to verdenssystemer". De fire Jupitermåner blev opdaget af Gallilei i 1610.

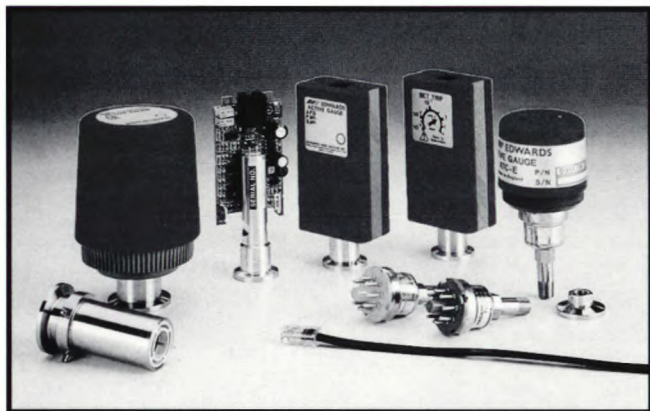
Galileis lære modsiger myten

Men det er næppe sandsynligt, at Galilei nogensinde skulle have foretaget disse beregninger - og det er umuligt, at de skulle have givet resultater, som stemte overens med observationerne.

For det første kendte Galilei ikke "proportionen for den naturlige bevægelses acceleration". Det er en grundløs vandrehistorie, når man undertiden i nyere litteratur kan læse, at Galilei målte tyngdeaccelerationen til $9,8 \text{ m/s}^2$. Og for det andet var han uvidende om, at tyngdeaccelerationen er en funktion af afstanden fra centrallegemet og dets masse.

Men dertil kommer det bemærkelsesværdige, at det er såre enkelt at vise, at myten behandlet på grundlag af Galileis egen bevægelsesteori fører til absurditeter:

Galilei opfattede planetbevægelserne som jævne cirkelbevægelser. Og om jævne bevægelser siger han: "Hvis to legemer bevæges jævnt, vil forholdet mellem hastighederne være produktet af forholdet mellem de gennemløbne afstande og det omvendte forhold mellem de forløbne tider."^{2, p. 170}. Proportionen for forholdet mellem



Active gauges er et nyt koncept til vakuummåling. Målehovedet indeholder hele elektronikken til måleudstyret og kræver derfor kun en standard DC strømforsyning. Udgangssignalet er 0 - 10V DC. Udlæsningen kan foregå på et almindeligt måleinstrument, PLC eller på en computer. Derved er der bedre mulighed for dokumentation ved f.eks. produktionskontrol. Fordelen ved denne konstruktion er bl.a., at man ikke behøver at have målehoved og måleudstyr i nærheden af hinanden. Kabler kan leveres i længder på op til 100 meter.

Pris pr. målehoved fra kr. **2.540,-** ex. moms

EDWARDS

Rotationsvakuumpumpe type RV er en ny oliepumpe, som både er en et- og to-trins pumpe, da der er mulighed for med en drejeknap at øge luftgennemstrømningen. Denne mulighed er der ingen andre vakuum-pumper på markedet der har. Pumpen leveres i 4 størrelser 3,7 - 5,8 - 9,7 - 14,2 m³/h.

Edwards RV pumper er velegnet som kemipumpe til f.eks. geltørring, centrifugering og frysetørring. Er også velegnet til rene systemer, hvor der kræves lavt sluttryk. I laboratoriet vil man også påskønne det meget lave støjniveau på kun 48 dBA.



Buch & Holm A/S

Marielundvej 36 - 2730 Herlev ☎ 42 91 75 11 Fax 44 92 31 00

Saturns og Jupiters hastigheder, v , baneradier, R , og omløbstider, T , bliver da:

$$\frac{v_S}{v_J} = \frac{R_S}{R_J} \cdot \frac{T_J}{T_S}$$

Og indhenter man nu oplysninger fra periodens mest kyn-dige astronomer, f.eks. Kopernikus³ så finder man:

$$\frac{R_S}{R_J} = \frac{9,1750 \text{ AE}}{5,2191 \text{ AE}}; \frac{T_J}{T_S} = \frac{12 \text{ år}}{30 \text{ år}}$$

Dette giver et forhold mellem hastighederne på 0,7. Dette forhold skulle så være følgen af de to planeters jævnt accelererede bevægelse ad bestemte vejlængder, som det gælder om at finde.

Men for en jævnt accelereret bevægelse siger Galilei, at følgende er gældende: "forholdet mellem faldvejene er som kvadratet på forholdet mellem sluthastighederne."

Anvendes dette bliver forholdet mellem planeterne faldveje 0,49. Eller sagt på en anden måde: Jupiter er faldet dobbelt så langt som Saturn. Det "fælles sted" for Saturns og Jupiters oprindelse må da være beliggende i en afstand, S_S , fra Saturns bane, der er lig afstanden mellem Saturns og Jupiters baner. Dvs. i en afstand af $2 \cdot R_S + R_J = 13,13 \text{ AE}$ fra Solens centrum. Men for at opnå banehastighederne ved fald fra denne afstand, må de være faldet med en acceleration af størrelsen $a = v^2/2 \cdot S = 0,47 \text{ AE}/\text{år}^2$

Og nu går det for alvor galt: For lader man derefter Mars og Jorden falde med denne acceleration fra det "fælles sted", så må de for at opnå deres banehastigheder falde henholdsvis 24 og 42 AE og dermed havne på den anden side af Solen i afstande, der går ud over Saturns bane, samtidig med at målesystemet for længder og tider bryder sammen.

Den eneste observation, der er forenelig med ideen i planetmyten, er den kvalitative (som Galilei også henviser til), at de fjernere planeter bevæger sig langsommere end de nærmere. Myten er, set i dette perspektiv, tydeligvis tænkt som en støtte til det kopernikanske system.

Newton og Galileis myte

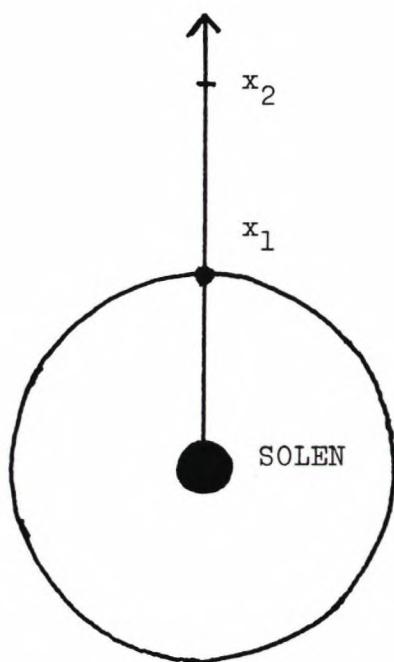
Men vi har endnu ikke med disse betragtninger bevist mytens fysiske umulighed, idet den bygger på Galileis egne forudsætninger, som på et væsentligt punkt var forkert: For Galilei var tyngde ikke (som hos Newton) en afstandsafhængig relation mellem masser, men en iboende egenskab ved legemer. Et legeme har altså samme absolutte tyngde uanset dets position. Og alle legemer falder med samme konstante acceleration uanset om de falder mod Jorden fra "skæve tårne", eller fra, f.eks. Månens afstand - eller de falder mod Solen fra vilkårlige afstande. Tyngdeaccelerationen er overalt den samme. Lad os derfor igen gå til Newton og Bentley:

Sidstnævntes tydelige optagethed af myten får Newton til i korrespondancen at vende tilbage til den. Og hans konklusion er kort og godt, at ideen om et "fælles sted" kun er mulig, hvis man også indregner guddommelige mirakler. Han redegør nu for, hvordan planeterne faktisk ville opføre sig, hvis de under indvirkning af Solens kraft bevægede sig retlinet langs forlængelsen af forbindelsesaksen.

Newtons tilbagevisning af myten som en fysisk - men dermed ikke nødvendigvis mirakuløs - umulighed konkluderes på grundlag af to tankeeksperimenter hvor han lader planeterne falde fra en endelig henholdsvis uendelig afstand fra Solen.

I det tilfælde at planeterne falder fra en endelig afstand, skriver han: "Hvis vi antager, at alle planeternes tyngde mod Solen er af en sådan størrelse, som de faktisk er, og at planeternes bevægelsesmængde afbøjes opad, så vil hver planet stige til dens dobbelte højde over Solen. (...) og så, når de falder ned igen fra de steder, hvortil de var steget, vil de atter ankomme til deres respektive baner med de samme hastigheder, som de havde til at begynde med, og hvormed de nu kredser."^{4,p.56}

Newton fører ikke bevis for sine konklusioner i brevene, men henviser til propositionerne 33,34,36 og 37 fra Principias I.bog. Til kontrol af hans udsagn anvender vi mest hensigtsmæssigt den energilære, som blev udviklet i perioden efter Newton (Euler, Laplace, Lagrange).



Vi må forestille os, at planeten bevæger sig ud langs x-aksen fra begyndelsespositionen, x_1 , på planetbanen. Begyndeshastigheden $v(x_1)$ er lig cirkulationshastigheden. Opgaven er da at finde den afstand, x_2 , hvor den oprindelige kinetiske energi planetens arbejde mod tiltrækningskraften fra Solen vil være opbrugt, dvs. hvor hastigheden $v(x_2) = 0$.

Er kraften fra Solen $F = GMm/x$ og den potentielle

energi $U(\infty) = 0$, så er $U(x) = -GMm/x$, energisætningen giver da $v_2(x_1) = GM/x_1 - GM/x_2$

Men da størrelsen af cirkulationshastigheden er

$v(x_1) = \sqrt{GM/x_1}$, får vi:

$GM/2x_1 = GM/x_1 - GM/x_2$ eller $x_2 = 2x_1$, som jo netop er det resultat, der bekræfter Newtons udsagn om, at planeten "vil stige til dens dobbelte højde over Solen". Og ved et fald tilbage ad samme strækning finder vi, at sluthastigheden vil være $\sqrt{GM/x_1} =$ cirkulationshastigheden. Der findes altså ikke noget "fælles sted" i en endelig afstand. For de steder, hvorfra de måtte falde for at opnå de rigtige hastigheder, ville alle være i forskellige individuelle afstande fra Solen.

I det andet tankeeksperiment lader Newton planeterne falde fra en uendelig afstand. Men forudsætningen for at de i så fald kunne gå i cirkulation med den hastighed, hvormed de ankommer, er, at Solens tiltrækningskraft fordobles, når de ankommer til banerne.

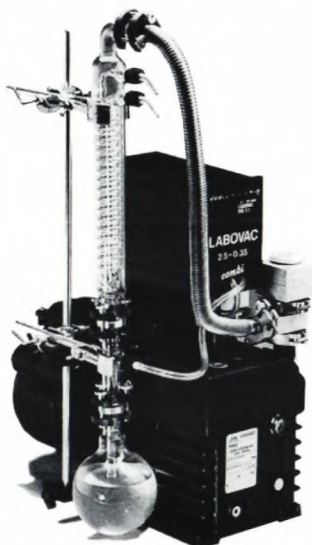
Newton skriver til Bentley: "Men hvis vi nu, i samme øjeblik planeternes cirkulationshastigheder drejes opad, halverer Solens tiltrækningskraft, som til stadighed retarderer deres opstigen, så vil de stige evigt, og de vil alle i lige afstande fra Solen bevæge sig med samme hastighed (...) Hvis de alle begynder at stige i samme øjeblik og langs den samme linie, så vil de til stadighed, mens de stiger, komme nærmere og nærmere hinanden, også deres hastigheder vil konstant konvergere mod den samme hastighed, og til sidst blive mindre end nogen angivelig hastighed. Antag derfor, at de blev ved at stige, indtil de næsten rørte hinanden, og deres hastigheder var blevet ubetragtelige små, og at alle deres bevægelser i det selvsamme øjeblik igen blev vendt om eller, hvilket er næsten det samme, at de blev frataget al bevægelse og faldt i dette øjeblik; de ville da alle til samme tid ankomme til deres respektive baner, enhver med sin oprindelige hastighed; og hvis deres bevægelser så blev drejet til siden, og Solens tiltrækningskraft samtidig blev fordoblet, således at den var stærk nok til at holde dem i deres baner, så ville de kredse i disse lige som før deres opstigen. Men hvis Solens tiltrækningskraft ikke blev fordoblet, så ville de forlade deres baner og fjerne sig til de højeste himle i parabelbaner."^{6,p.56f}

1. For at se at stighøjden x_2 i dette tilfælde er uendelig høj skal vi bruge samme ligning som før med samme begyndeshastighed, men den halve tiltrækningskraft. Vi halverer tiltrækningskraften ved at halvere Solens masse, M i højresidens udtryk for potentialforskellen, og får at $1/x_2 = 0$ hvilket medfører at x_2 er uendelig.

2. At planeternes stedsafhængige hastighed under denne rejse mod uendelig konvergerer mod nul ses af udtrykket for hastigheden: $v(x) = \sqrt{GM/x}$ som konvergerer med 0 når x går mod uendelig.

3. Der er en forenkling i Newtons ræsonnement, idet bevægelsen jo er evig, hvorfor planeterne aldrig vil nå frem til det "fælles sted", som er en grænseposition. Han lader da også tilbagerejsen begynde derfra, hvor "de næsten rører hinanden og deres hastigheder er ubetragtelige små".

MODERNE VAKUUMTEKNIK TIL FORSKNING OG INDUSTRI



SASKIA HOCHVAKUUM- UND LABORTECHNIK GmbH I ILMENAU er et succesrigt resultat af øst-vest genforeningen i Tyskland. SASKIA's et- og to-trins finvakuumpumper fra 4 til 200 m³h⁻¹ har rotor-skiver af et nyt PTFE materiale som sænker støjniveauet med ca. 3 dBA og tillader pumperne at arbejde konstant ved højt tryk eller med aggressive gasser. Med en frekvensregulering kan pumpehastigheden fordobles, så man f.eks. hurtigt kan evakuere et anlæg og derefter anvende pumpen som holdepumpe ved lav hastighed. SASKIA's kemisk resistente membranpumper har liniærdrevne membraner, hvilket sikrer en lang levetid og lavt effektforbrug. En membranpumpe på ca. 30 W kan med de store afgifter på brugsvand hurtigt tjene sig ind, hvis den erstatter en vandstrålepumpe. SASKIA's TOWER pumpestande er kemipumpestande kombineret med kondensatorer og med instrumentering for indstilling af trykket. SASKIA leverer oliefri pumpestande kombineret med turbomolekularpumper i et handy design og rootspumpestande op til 20.000 m³h⁻¹.

ALLE FORMER FOR OLIEFRI & OLIESMURTE ROTATIONSVAKUUMPUMPER • FEDTSMURTE TURBOMOLEKULAR- SPIRO- & HYBRIDPUMPER • DIFFUSIONS- & CRYOPUMPER • VAKUUMMÅLEINSTRUMENTER, VENTILER, HV & UHV FITTINGS • HELIUMLØKSØGERE & MASSESPEKTROMETRE • SPUTTER- ELEKTRONKANON & ÆTSEANLÆG • RF & HV STRØMFORSYNINGER • RUSTFRI SPECIALKAMRE & DELE • OMBYGNING AF VAKUUMANLÆG

**WENZEL VAKUUM TEKNIK APS • NYBROVEJ 283 • DK-2800 LYNGBY • TLF. 45 87 97 35
SHOWROOM, SERVICE, LAGER • NYBROVEJ 193 • BIL 30 42 63 00 • FAX 45 93 32 93**

4. Når planeterne kommer tilbage til banerne, er hastigheden $v(x_1) = \sqrt{GN/x_1}$. cirkelbevægelsen kræver da en centripetalkraft af størrelsen $F = GMm/x_1^2$, dvs. det dobbelte af det forudsatte. Sker denne fordobling ikke, vil den uændrede kraft ikke kunne fastholde planeten som så vil forsvinde, som Newton siger, langs en parabelbane.

5. Galileis "platoniske" planetteori er altså i alle henseender umulig - som naturproces. Den forudsætter i det mindste to mirakler: den tværgående ændring af planeternes bevægelsesretning og fordoblingen af Solens tiltrækningskraft

Det siges undertiden, at med Newton blev Gud fortrængt ud af verdensbilledet. Som det er fremgået, er dette lidt af en overdrivelse. Men der er det rigtige i det, at den newtonske mekanik åbnede for udviklingen af en videnskabelig verdensforklaring, hvor Gud, som Laplace små hundrede år efter Newton sagde det, blev en "overflødig hypotese".

I den moderne kosmogoni er en roterende gas- og støvsky således trådt i stedet for "den guddommelige arms" mirakuløse indgriben.

Referencer:

- 1) Galilei: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, telemaio e copernicano*. Torino, 1970, (1632).

- 2) Galilei: *Discorsi e dimonstrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, Torino, 1990 (1638)
- 3) Kopernikus: *On the revolutions of the heavenly spheres*, Chicago, 1952 (1543)
- 4) J.M.Knudsen og P.G. Hjorth: *Elements of Newtonian mechanics*, Berlin, 1995
- 5) Newton: *Mathematical principles of natural philosophy*, Berkeley, u.å. (1687, 1713, 1726)
- 6) Newton: *Newtons philosophy of nature. Selections from his writings*, Red: H.S. Thayer. New York, 1974



Tom Bøgeskov er mag.art. i litteraturvidenskab og har især beskæftiget sig med filosofi, idé- og videnskabshistorie.

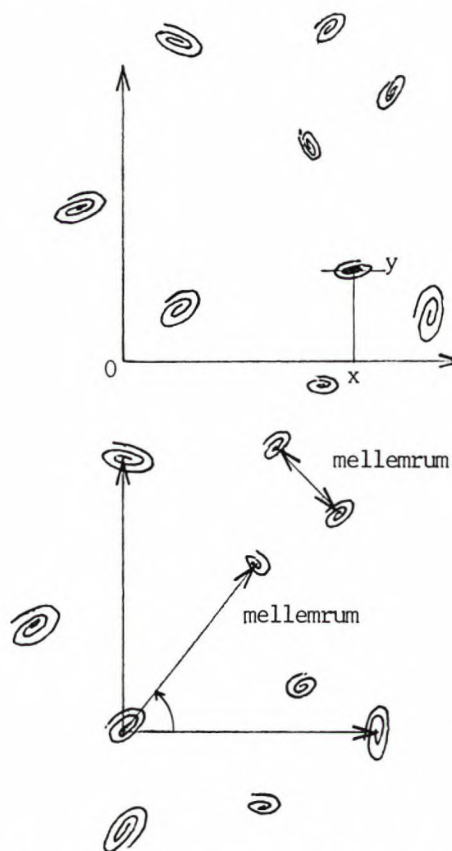
Kan naturlove begrundes?

Om symmetri og dynamik

Kay Akselbo

Naturlovene betragtes vel nærmest som en slags luner af naturen, som vi nok kan udforske, men ikke begrunde. Fx kender vi den Newtonske mekaniks love og ved, hvordan de fungerer, men vi ved ikke, hvorfor de er, som de er, eller om de måske kunne have været helt anderledes.

I det følgende søges det vist, at man under visse forudsætninger om universets grundstruktur kan udlede og dermed begrunde naturlove.



Figur 1. I det absolutte rum, øverst, anvendes det tomme rum som koordinatsystem. På denne baggrund er universet til ethvert tidspunkt fastlagt. Der kan eventuelt findes rum udenfor universet. Tiden går af sig selv.

I det ikke-absolutte rum nederst er universet selv det yderste koordinatsystem. På denne baggrund eksisterer rummet kun som "mellemrum" mellem dets objekter. Der kan derfor ikke findes rum udenfor universet. Tid er bevægelse i rummet - den måles på et ur.

Om tid og rum

I den fundamentale omvæltning i fysikken, som overgangen fra det Newtonske til det Einsteinske system har betydet, er den helt centrale bedrift Einsteins opgivelse af

absolut rum og tid. Newtons selvstændigt eksisterende tredimensionale verdensrum, hvori tiden uforstyrret går af sig selv, udskiftes med den almene relativitetsteoris fire-dimensionale tid-rum, som ikke har selvstændig eksistens uafhængigt af sit indhold, og hvor tid og rum er uløseligt sammenknyttet, idet tiden formelt indgår som en fjerde dimension på lige fod med de tre rumlige.

Det overraskende er nu, at det viser sig at være selve ikke-absolutheden - det uhåndgribelige i tid og rum - som konstituerer håndgribeligheden: Det dynamiske princip, hvoraf naturlove kan udledes.

Det kosmologiske princip

Det er en almindelig antagelse blandt kosmologer, at universets indhold af stof (masse/energi) er fordelt isotropt og homogent, dvs. at universet i stor (kosmologisk) målestok er ens overalt i alle retninger. Denne universelle symmetri kaldes "det kosmologiske princip".

Der er dog ikke tale om et egentligt fysisk princip, som fx energiens konstans - snarere betragtes det som en slags tilfældig termodynamisk konsekvens af universets udvikling - men da observationer synes at støtte denne struktur, har man valgt den som en arbejdshypotese af bekvemmelighedshensyn. Simple symmetriske modeller er de letteste at håndtere.

Imidlertid er det ikke svært med lidt bagklogskab at indse, at symmetrien er nødvendig: Hvis man ikke kan anskueliggøre en asymmetri på en symmetrisk baggrund (fx papir), kan det kun være, fordi man principielt ikke kan forestille sig den - dvs. den er uden mening. Asymmetri har altså, begrebsmæssigt som fysisk, kun mening på baggrund af symmetri, og denne må her være universet selv, da der ellers måtte findes en særlig, tom, symmetrisk baggrund for dette, hvilket kun har mening, hvis rummet er absolut og altså kan anvendes som koordinatsystem. Symmetrien er derfor principiel - den er et materielt udtryk for rummets ikke-absoluthed.

Om man nu vil forestille sig det jævnt fordelte stof som galakser eller galaksegrupper - eller måske blot som en slags idealiserede partikler - så kaldes disse enheder konventionelt for fundamentalpartikler, og iagttagere, som tænkes knyttet til dem, kaldes fundamentaliagttagere eller galaktiske iagttagere. Den nævnte struktur medfører, at universets ekspansion må være isotrop; og den enkelte galaktiske iagttager vil altså opfatte sig som værende i universets centrum, idet galakserne flygter radiært. For så vidt kan han bruge universet som lokalt koordinatsystem.

Vi vil da betragte det kosmologiske princip som et dynamisk princip: