

Artikkel 17 - De fire universmodellene



Jupiter med alle sine måner er et "solsystem" i miniatyr.

Bildet (UiA/TP) viser Jupiter og de fire galileiske måner: Ganymede, Io, Europa og Callisto (fra venstre mot høyre). Bildet er tatt med et vanlig digitalt speilreflekskamera med UiA-teleskopet som telelinse. Går vi ett døgn fram, vil rekkefølgen være: Io, Europa, Ganymede og Callisto (fra venstre mot høyre).

1 Universet er begripelig

I mange tusen år har menneskene stirret på himmelen, blitt begeistret og undret seg over det de så. De greske pionerene for eksempel hadde i oldtiden en stor trang til å søke etter virkeligheten bak det som ble observert. **De mente at det skal være mulig å forstå det som observeres.** Pythagoras kjenner vi fra skolematematikken. For mer enn 2500 år siden mente Pythagoras at matematikken er i stand til å beskrive naturen. Omtrent 200 år senere hevdet Aristoteles at universet ble styrt av fysiske lover og at himmelen er permanent og lar seg ikke forandre. Observasjon av himmelen og logiske resonneringer gav ny kunnskap om det de observerte. Den greske astronomen Eratosthenes for eksempel beregnet Jordens omkrets med en imponerende nøyaktighet, han levde omkring 200 år før Kristi fødsel. [Aristarchus](#) fra den greske øya Samos, bestemte den relative avstanden mellom Solen og Månen (280 før Kristus). Astronomien i dag kan takke sine antikke greske pionerer for den trangten de hadde til å finne årsaken til (begripe) det de observerte. Den antikke greske holdningen at **universet er begripelig og** at observasjoner og logikk gir ny viten er en stor arv til deres etterkommere. I dag kan astronomer fortsette med

observasjoner med ny teknologi (for eksempel: teleskoper i rommet og observasjoner i hele det elektromagnetiske spekteret) og logisk analyse slik som deres greske forgjengere gjorde for flere tusen år tilbake.

2 Den vitenskapelige metode

Den vitenskapelige metode tar utgangspunkt **hypoteser**. En hypotese er en forklaring på et fenomen eller en sammenheng i naturen. En hypotesene må alltid være i samsvar med observasjonene, derfor må de testes og korrigeres i takt med nye observasjoner. En god forsker utvikler konsekvenser av hypotesen og han legger alt til rette for observasjon av konsekvensene. En observasjon av konsekvensene vil styrke hypotesen. Hypotesen vil være på fast grunn dersom den kan forutsi et naturfenomen som kan observeres.

Vitenskapsmannen kaller hypotesen for en **modell** dersom hypotesen holder mål. Modellen gir informasjon om det vi observerer og forklarer det vi observerer. Et godt eksempel er den heliosentriske modellen av planetsystemet. Keplers lover er eksempel på en modell, en modell som beskriver det heliosentriske verdensbilde.

En **fysisk teori eller de fysiske lovene** derimot favner flere modeller og de forklarer hvorfor modellen er riktig. Vi kan si det slik at uten modeller og teorier er der ingen forståelse, ingen vitenskap er bare en samling av fakta. Et godt eksempel på en fysisk teori er gravitasjonsteorien til Newton, denne teorien er universell, den gjelder på Jorden og i hele Universet. Newton tok utgangspunkt i Keplers lover og fant gravitasjonsloven. I mekanikkdelen av fysikken står Newtons lover sentralt, lovene kan forklare og forutsi store astronomiske begivenheter som skal komme.

Edmund Halley var en venn av Newton, han undersøkte fire historiske observasjoner (1456, 1531, 1607 og 1682) av en komet som hadde vist seg i intervall på 76 år. Halley antok det var den samme kometen og benyttet Newtons mekanikk og fant at den skulle komme tilsyne 1758. På julaften 1757 dukket den opp på samme dag som Newton hadde gebursdag. Den ble kalt Halley komet. Hverken Halley eller Newton fikk oppleve denne store begivenheten på himmelen. En begivenhet som bekreftet Newtons lover.

Den syvende planet Uranus ble oppdaget tilfeldig av William Herschel i 1781. Oppdagelsen av den åttende planet var også en suksess for teorien til Newton. Femti år senere oppdaget to astronomer at Uranus ikke fulgte banen den skulle følge etter teorien og de konkluderte med at der måtte være en ukjent planet utenfor. Denne ukjente planeten (Neptun) ble oppdaget 23. september 1846 i en posisjon som avvek ca 1 grad fra beregnet posisjon.

En annen stor vitenskapsmann som har betydd mye for astronomien og den kunnskapen vi har om Universet i dag er Galileo Galilei. Han så gjennom sitt teleskop fire ”stjerner” som beveget seg i forhold til Jupiter. Galilei hadde oppdaget et kopernikansk ”solsystem” i miniatyr. Galilei blir ofte kalt for grunnleggeren av naturvitenskapen fordi han var først til å benytte teleskopet, det han så kunne gi svar på om hypotesene han undersøkte var riktige. Copernicus og andre astronomer som observerte med det blotte øye observerte at Venus beveget seg fra den ene siden av Solen til den andre siden, men de kunne ikke observere om Venus roterte rundt Solen. Med sitt nye instrument kunne Galilei observere fasene på Venus på samme måten som vi kan se Månefasene med det blotte øyet. Vi kan oppleve at Månen kan bli mer enn 50% belyst (gibbusfasen). Galilei så Venus i gibbusfasen for første gang i 1609, en observasjon som skapte

en astronomisk revolusjon. For første gang i historien ble hypotesen om det geosentriske verdensbildet bekreftet ved observasjon.

Bilde av Månen og Venus i gibbusfase

Den geosentriske modellen til Ptolemy vil ikke kunne forklare at Venus i perioder blir belyst mer en 50%. Galilei observerte gibbusfasen på Venus, altså modellen til Ptolemy feil.

3 Fire universmodeller

1. **De åtte himmelkulene** til Aristoteles (300 år før Kristus). De syv første kulene var de planetariske (Månen, Merkur, Venus, Solen var de planetariske, Mars, Jupiter og Saturn). Alle kulene har Jorden i sentrum. Månen, Solen og planetene vandret mellom stjernene med forskjellig hastighet, måtte av den grunn sitte på forskjellige kuler. En plante på gresk betyr et system som vandrer. Den åttende kulen var stjernekulen, på denne kulen satt stjernene som alle var ubevegelig i forhold til hverandre.
2. **Den geosentriske universmodellen** til Ptolemy (90-168), en av de siste store greske astronomer. Ptolemy måtte innføre en ny sirkelbane for tre av planetene, denne sirkelbanen beveget seg på omkretsen til en annen sirkel som hadde sitt sentrum i Jorden. Dette sirkelsystemet kunne forklare bevegelsen av Mars sin tilsynelatende bevegelse på himmelen.
Sirkelsystemet til Ptolemais ble et komplisert system. Hans beregninger ble samlet i 13 bøker. Samlingen ble kalt Almagest. Almagest ble kalt "biblen til oldtiden astronomer", den ble en suksess. Teorien kunne forklare og forutsi bevegelsen til de 5 planetene og den stod "spikret" fast i over 1000 år. Systemet (eller modellen) til Ptolemy baserte seg ikke på grunnleggende prinsipper (hypoteser), kun på observasjoner. Etter hvert som nye observasjoner strømmet inn måtte modellen korrigeres. Det var mange som hevdet at systemet til Ptolemy ble for komplisert. Naturen må være bygd opp på en enklere måte hevdet de. Det er en regel som kalles på engelsk "Occam razor". På norsk kan vi si at denne regelen uttrykker følgende: "Noe må være galt dersom forklaringen blir veldig komplisert".
3. **Den heliosentriske modellen** forenkler "sirkel på sirkel" systemet til Ptolemy. Antall sirkler ble dramatisk redusert nå Solen ble plassert i sentrum. Det tok nesten 2000 år før den heliosentriske modellen ble allment akseptert, en av grunnene kan være at Jordens bevegelse ikke oppleves i det daglige, Jorden er tilsynelatende i ro og i sentrum av universet.
Copernicus (1473-1543) var den første personen som beskrev det heliosentriske verdensbilde i detalj, men han var ikke den første som kom på tanken om at Solen måtte være i sentrum og planetene i baner rundt Solen. Den greske astronomen Aristarchus i det 3. århundre f. Kr. var opptatt av relativ bevegelse mellom to systemer: for en observatør vil en fotgjenger bevege seg bakover i forhold til hesten dersom hesten går fortere enn fotgjengeren. Aristarchus tok utgangspunkt i relativ bevegelse mellom to systemer og tenkte at den heliosentriske modellen kunne forklare den retrograde bevegelsen av Mars på himmelen. En planet har retrograd bevegelse når den beveger seg vekk fra Solen på himmelkula. Utrykket vekk fra Solen betyr i denne sammenhengen at vinkelavstanden

mellom planeten og Solen øker. Det var denne retrograde bevegelsen som gjorde modellen til Ptolemy så komplisert og som var årsaken til alle disse ”sirklene på sirklene”. Copernicus forstod at Merkur og Venus (de indre planeter) gikk i bane rundt Solen innefor Jordbanen fordi disse planetene alltid ble observert i nærheten av Solen. De andre synlige planetene ble observert om natten i stor avstand fra horisonten på et tidspunkt solen var langt under horisonten. Når dette skjedde må Jorden ligge innenfor planetene Mars, Jupiter og Saturn. Copernicus forstod at de disse tre planetene måtte ligge lenger vekk fra Jorden. Disse ble kalt de ytre planeter. De andre planetene Uranus og Neptun ble først observert etter teleskopet ble oppdaget i 1610, disse er også ytre planeter. Copernicus observerte tiden det tok planetene å rotere rundt himmelekula mellom stjernene en gang. Han tok utgangspunkt i disse beregningene og fant planetens omløps tid i banen rundt Sola. Copernicus fant også den relative størrelsen på planetbanene. Han samlet sine ideer og beregninger i en bok han kalte (på norsk): ”Revolusjon på himmelkula”, den ble publisert i 1543 (samme året som Copernikus døde). Copernicus fikk ikke gjennomslag for sine beregninger. Den katolske kirken forbød boken i 1616, den ble først frigjort i 1835. Det er viktig å være klar over at det heliosentriske universmodellen kun er en teori, teorien må undersøkes nærmere. Det var Tycho Brahe, Kepler, Galilei og Newton som fullførte dette arbeidet.

4. 11. november 1572 oppdaget Tycho Brahe en ny stjerne i Cassiopeia. Han fant etter noen dagers observasjoner at stjernen ikke beveget seg i forhold til de andre stjernene i Cassiopeia, det var ingen komet han hadde oppdaget. Den nye stjernen måtte ligge utenfor de planetariske kulene fordi rotasjonen av Jorden hadde ingen innflytelse på stjernens posisjon. Den nye stjernen måtte befinne på stjernekulen mente Tycho Brahe. Tycho var forsiktig i sin tolkning av sin oppdagelse, han mente at den nye stjernen var et guddommelig tegn uten innflytelse på de 8 himmelkulene som teorien til Aristotles baserte seg på. 11. November 1572 skjedde det en stor begivenhet på himmelen, en klar stjerne viste seg plutselig i stjernebildet Cassiopeia. Den lyste sterkere enn Venus og 18 måneder senere forsvant den. Denne oppdagelse førte til endring av den tradisjonelle forståelsen av Universet, oppdagelsen slo sprekker i teorien til Aristoteles, han mente at stjernekulen vil til alle tider være uforanderlig. Tycho Brahe (1546-1601) satt i gang parallaksemålinger av den nye stjernen, han fant ikke **parallakseskift** og konkluderte at stjernen måtte ligge langt unna Jorden og utenfor de planetariske kulene. Det var denne oppdagelsen som førte til at Kongen av Danmark gav penger til et nytt observatorium på Øya Ven utenfor København. Tycho Brahe forsøkte å bekrefte teorien til Copernicus ved å måle parallakseskift for stjernene i løpet av Jordens sideriske periode, han fant ikke det han søkte etter og var derfor fortsatt overbevist om at Jorden måtte være sentrum i universet. Tycho Brahe kom fram til at planetene gikk rundt Solen og at Solen beveget seg rundt Jorden, altså et skritt i riktig retning. Altså en blanding av to modeller, den heliosentriske- og det geosentriske modellen. I ettertid vet vi at det var fysisk umulig for Tycho Brahe å finne det parallakseskiftet han søkte etter fordi øyets oppløsningsevne er for lite, teleskopet var ennå ikke oppfunnet. De første nøyaktige stjerneparallakser ble utført først i 1838, disse var mindre enn ett buesekund. Fra 1576 til 1597 målte Tycho Brahe planetposisjoner med en nøyaktighet på 1 bueminutt, bedre posisjonsbestemmelser uten teleskop er det ikke mulig å oppnå. I disse store datamengdene til Tycho lå sannheten om planetbegjelsene.

4 Keplers lover

Johannes Kepler (1571-1630) var en tysk matematiker som ble assistent hos Tycho Brahes i Prag, ett år før den store stjerneforskeren døde i 1601. Kepler overtok observasjonsmaterialet til Brahe, han tok utgangspunkt i de nøyaktige observasjonene av planeten Mars og fant lovene som beskriver planetenes bevegelse rundt Solen.

Kepler var den første (1609) som mente at planetbanen er ellipsebane med Solen i det ene brennpunktet. Vi har tidligere sett Aristotles, Ptolemy, Copernicus og Tycho Brahe mente at sirkelen var den geometriske figuren som beskrev planetbanene. Det var derfor veldig radikalt å hevde at planetene skulle følge ellipsebaner. Sirkelen ble oppfattet av mange astronomer som den harmoniske og perfekte geometriske figur, det var derfor veldig radikalt å påstå at planetene gikk i ellipsebaner og ikke i sirkelbaner. Det var også mange som mente at dersom Gud oppholder seg i himmelen blant stjerner og planeter vil planetbanene også være perfekte, deres baner vil være sirkler. I dag vet vi at Kepler hadde rett og vi lærer i matematikktimene at sirkelen er en ellipse med brennpunktene samlet i et punkt, altså er sirkelen et spesialtilfelle av ellipsen.

Kepler oppdaget at planeten under studiet av tallene til Tycho Brahe at planetene beveger seg raskest når avstanden til Solen er minst (perihel). Hastigheten i banen er minst når avstanden til Solen er størst (aphel). Kepler tenkte seg en imaginær linje gjennom planeten og Solen, denne linjen "feier" over samme areal i samme tidsintervall. Det tar med andre ord like lang tid for planeten å bevege seg fra A til B som fra C til D når de to røde arealene er like store. Dette er flateloven eller Keplers 2. lov, denne loven ble også publisert i 1609, altså for 400 år siden.

Først 10 år senere ble tredje loven til Kepler publisert, denne loven viser at der er en matematisk sammenheng mellom planetens omløpstid i banen (perioden) og størrelsen på ellipsebanen den går i. Planetens periode (P) kvadrert er lik halvparten av ellipseaksen (a) opphøyet i tredje potens. Denne loven blir ofte kalt for periodeloven til Kepler og skrevet med matematiske symboler ser den ut som følger:

$$P^2 = a^3$$

5 Newtons lover

Det er viktig å legge merke til at modellene til Ptolemy, Copernicus og Kepler et resultat av prøving og feiling. De justerte sine modeller slik at de passet til observasjonene. Newton tenkte helt nytt, han fant ut at årsaken til akselerasjonen var en kraft (Newtons 2. lov) og at et legeme kunne fortsette med konstant fart uten at det virket krefter på legemet (Newtons 1. lov). Han forstod også at en kraft kunne aldri opptre alene, den har alltid en motkraft som virker på et annet system (Newtons 3. lov). Newton konkluderte med at der måtte være en kraft som holdt planetene i sin bane rundt Solen og at denne kraften var gitt av gravitasjonsloven. Newton tok utgangspunkt i Keplers 3. lov og fant gravitasjonsloven.

Newtons mekanikk har sine begrensninger, den kan ikke brukes i atomene og i atomkjernene. Den kommer også tilkort i systemer med hastighet opp mot lyshastigheten og i systemer med ekstrem stort tyngdefelt. Lovene gjelder ikke for systemer som er i akselerasjon.

