

Aage Ingjer

*Fra antikkens elementer
til kvantefysikk*

Fra antikkens elementer til kvantefysikk

Copyright © Aage Ingjer, 2024

Ansvarlig utgiver: Ingjer Forlag 2024

Produsert av Bookea

ISBN: 978-82-93939-53-5

Aage Ingjer

Fra antikkens elementer til kvantefysikk

Fysikken gjennom tre tusen år

Naturfilosofi

Da vi mennesker hadde kommet så langt i vår utvikling at vi erkjente oss som selvstendige individer, fant vi at vi kunne trekke et klart skille mellom *jeg* og alt annet, også andre mennesker. Jeget/bevisstheten var en selvstendig sjel. Da undret vi oss over naturen rundt oss, og vi tenkte muligens at alt annet også måtte ha en slags sjel. Det gjaldt andre mennesker, dyr, trær, steiner, jord og naturfenomener. Hva følte treet når det ble hugget og brent? Hva tenkte steinen når den ble brukt som redskap?

Det vi ikke verken kunne se eller føle direkte, men som kunne påvirke oss, måtte være noe som vi kalte for *ånder*. Vindene måtte være en ånd. Jeg husker en fortelling, ett eventyr, om da *nordavinden* og *sønnnavinden* møtte hverandre og begynte å diskutere. Noen av disse åndene ble etter hvert opphøyd til *guder*. Det var ånder med stor makt, men ofte begrenset til spesielle oppgaver. Når det regnet, var det en gud som øste vann over oss. Lyn og torden måtte også komme fra en gud. I norrøn mytologi var det *Tor med hammeren*. Mange fortellinger gikk muntlig i arv og ble til religioner.

Den greske *Poseidon* var en gud med makt over havene, og med et særlig ansvar for sjømenn og fiskere. Broren hans, *Hades*, var de dødes gud og herskeren av underverdenen. Den eldste broren, *Zeus*, hersket over landjorden og hadde dessuten et visst *overherredømme*.

Vi finner noe av det samme i dag, i den katolske kristendommen. Der er det *helgener* som kan ha spesielle oppgaver. Sankt Peter er skytshelgen for fiskere. Han går det an å be til for å få god fangst. Santa Barbara er skytshelgen for blant annet gruve- og tunnel-arbeidere. Ved bygging av Follobanen, togtunnelen mellom Oslo og Ski, som pågikk i 12 år, holdt den italienske entreprenøren Santa Barbara-messe, 4. desember 2015, inne i tunellen for de italienske arbeiderne. Det skulle kanskje beskytte mot arbeidsulykker.



Max Koch (1859-1905)

I antikkens Roma kunne keiseren oppnevne guder. Både Cæsar og Augustus ble gjort til guder etter sin død, og det ble bygd templer til deres ære. Livia, hustru til Augustus, som for øvrig tok livet av sin mann for å rydde veien for sønnen Tiberius, ble gjort til en gud av sitt barnebarn keiser Claudius. Hun hadde tryglet han om å gjøre henne til gud. Hun hadde gjort så mye grusomt i sitt liv, at hun ville bli straffet med et slags *helvete*, hvis hun ikke ble opphøyt til en gud.

Selv om mange aksepterte at det var guder som hadde skapt jorda slik den var, gjensto spørsmålet om hva alt besto av. Jord blir omdannet til planter som kan bli store helt av seg selv. Det må være jord som blir omdannet til planter. Dyr spiser planter, vokser og blir store. Vi spiser både planter og dyr, og blir også store. Består alt av jord?

Allerede for tre tusen år siden, var 8 av grunnstoffene kjent. Det var svovel og de sju metallene gull, sølv, kvikksølv, tinn, bly, kobber og jern. Men de ble ikke oppfattet som grunnstoffer, som grunnleggende elementer i naturen. Dermed kunne kanskje også bly omdannes til gull.

Svovel finnes i ren form i kantene rundt vulkaner. Det avleires fra gassene ved vulkanutbrudd.

Metallene gull, sølv og kvikksølv kan finnes i ren form i jorda.

De andre metallene finnes som kjemiske forbindelser i det vi kaller *malmer*. Tinn og bly finnes i mineralene *kassiteritt*, SnO_2 og blyglans PbS . Tinn og bly har lavt smeltepunkt, henholdsvis 232°C og 327°C . Hvis tinn- eller bly-malm finnes i bakken der man har tent opp et bål, og mineralene kommer i kontakt med glødende kull, kan man finne klumper av tinn eller bly under restene av bålet. Da det ble oppdaget, lærte man seg etter hvert å finne akkurat de mineralene som trengtes.

For kobber og jern krevdes det betydelig høyere temperatur.

Kobber finnes i flere forskjellige mineraler, kobbermalm. Det vanligste er kobberpyritt, CuFeS_2 . Kobber kan utvinnes ved å smelte kobberpyritt. Smeltepunktet er 1078°C . Det går greit i et bål. Øya *Kypros* skal ha fått sitt navn etter kobber (*kobber-øya*). Mye av kobberet i oldtiden kom derfra.

Myrmalm inneholder jernhydroksid, limonitt, $(\text{FeO}(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O})$. Hvis det varmes opp med glødende kull, blir jernoksidet *redusert* til rent jern. Når glødende trekull blir tilført en kraftig luftstrøm med *blåsebelg* eller naturlig trekk, kan temperaturen komme opp i over 1200°C . Da blir slagget fra jernmalmen flytende og man kan etterpå hamre fram rent jern.

At det var sju metaller, kunne ikke være noen tilfældighet. Sju var et hellig tall. Vi har sju dager i uka. I oldtiden kjente man til sju himmel-legemer som beveget seg i forhold til *fiksstjernene*. De hadde også status som guder. De var festet til hvert sitt kuleskall av krystall som svedde rundt jorda. Derav uttrykket *i syvende himmel*.

De sju metallene ble forbundet med hvert sitt himmellegeme. Gull og sølv ble tilordnet sola og månen.

♂ Jern var krigsguden *Mars*. Han var hannkjønn, hard og sterk. Mars var også den første måneden i det romerske året. (September, oktober, november og desember betyr sjuende, åttende, niende og tiende måned.)

♀ Kobber som var mykt og formbart, var hunnkjønn. Hun ble tilordnet den vakreste av stjernene, *Venus*.

Kvikksølv var planeten *Merkur*, gudenes sendebud. Han var så rask i vendingen og fløy fram og tilbake fra den ene til den andre siden av sola.

Tinn var *Jupiter*.

Bly var *Saturn*, den tunge og trege som beveget seg langsomst mellom fiksstjernene.

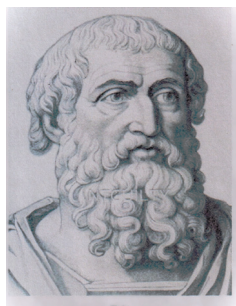
Men spørsmålet gjensto, om hva alt besto av. Metaller kan ikke omdannes til planter og dyr, og absolutt ikke til vann. Men jord kan omdannes til både planter, dyr og metaller. Og vann kunne omdannes både til luft og til jord.

Vi finner slike spørsmål i mange gamle myter fra forskjellige steder på jorda. Jeg velger å starte der jeg føler meg mest hjemme – i europeisk kulturhistorie – i oldtidens Hellas for cirka to og et halvt tusen år siden.

Elementene

Hellas besto i oldtiden av mange selvstendige bystater. De var spredd langs hele Egeerhavet og store deler av Middelhavet fra kysten av Tyrkia til Sicilia.

Thales fra Milét



Thales (639-544 fvt.) levde i Milét, nå på vestkysten av Tyrkia. Han mente at urstoffet som alt måtte være oppbygd av, var vann.

Byen Milét lå litt ovenfor stranden mot Middelhavet. Trange gater, små hus, en landsby i miniformat. Midt i byen var det et litt større hus, en slags offentlig bygning, og foran den en åpen plass. Der pleide Thales ofte å sitte med en flokk av disipler rundt seg. Dit kom det også andre borgere som ville ha råd fra vismannen. De hadde gjerne med seg gaver som mat eller penger.

Jeg velger å legge noen av hans ideer i hans egen munn, slik han kan ha fremlagt det for disiplene.

Det er ikke gudene på Olympen som griper inn når noe skjer. De har nok med sine egne problemer og bryr seg ikke om hva som skjer her på jorden. Alt her har sin naturlige årsak. Når vann fordamper og forvandles til å bli luft, er det på grunn av varmen. Da går vannet bare over i en annen form.

Når noe triller og faller ned fra bordet, er det fordi tunge stoffer har sitt naturlige oppholdssted nederst. Jo tyngre de er, desto lengre nede hører de hjemme.

Men en flat stein triller ikke ned fra bordet. Hvis den skal komme seg hjemover, må du først bikke på den eller løfte den. Da kommer den litt oppover. Men den vil ikke gå høyere opp først av seg selv, om enn det ville ha vært en strategi for senere å komme lengre ned. Den skal nedover, aldri oppover. Har du sett en sten som løfter seg av seg selv? Den tenker ikke, har ingen plan om hvordan den skal komme seg lengre ned.

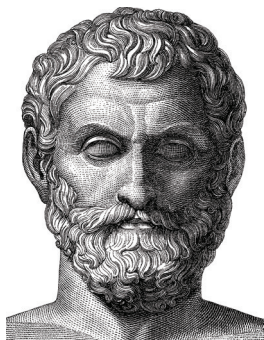
Jeg har forresten vært så heldig at jeg har opplevd en solformørkelse. Det var da to av kongene her lå i krig med hverandre. Midt på dagen sluknet sola og det ble mørkt. Fuglene sluttet å synge og det ble helt stille. Kongene og soldatene ute på slagmarken følte det veldig skremmende. Var det et varsel fra gudene om at det de holdt på med var veldig galt. Kanskje ville det snart komme en stor ulykke, en undergang. Derfor avsluttet de krigen og sluttet fred med hverandre.

Men jeg hadde forutsagt at det ville komme en slik formørkelse da. Det er en syklus for når slikt skjer. Det har skjedd før, og det vil skje igjen med mange års mellomrom. Når månen kommer rett foran sola, skygger den for sollyset. Det har ingen ting med gudene å gjøre. Det skyldes bare solas og månens bevegelser når de går i sine naturlige baner rundt jorda.

Og hva består alt i verden av? Det er vann i forskjellige former. I en skål med vann vil meste etter noen timer ha blitt fortynnet til luft. Men når alt det flytende vannet er borte, ligger det gjerne igjen noe jord i skåla. Det er vann som er blitt fortettet til jord. Alt rundt oss og i oss er forskjellige former for vann.

Når elven her renner ut i havet, blir noe av vannet omdannet til jord. Øyene blir stadig bredere og det som før var havbunn, blir til nytt land. Det som var en øy der ute, har gjennom årene blitt landfast og den grunne havbunnen er nå blitt åkerjord. Det er bare vann som er blitt fortettet til jord.

Anaximander



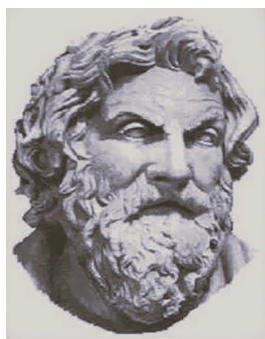
Anaximander (610-547 fvt.) var elev hos Thales, antagelig den dyktigste og mest dypttenkende av dem. Men Anaximander argumenterte mot sin læremester. At vann var opphavet til alt, kunne ikke stemme. Vann var bundet til egenskapen *vått* eller *fuktig*. Uansett hvilken form det ble omdannet til, kunne det aldri bli *tørt* og *varmt*.

Anaximander mente det måtte være ett urstoff, *apérion*, som var opphav til alt. Vann var dannet av *apérion*, og kunne bli tilbakedannet til *apérion*. Men vann kunne heller ikke være det eneste sekundære elementet som var dannet av *apérion*. Jord måtte også være et slikt sekundært element. Jord hadde *substans* og måtte derfor være viktigere enn vann for opphavet til alt. Men i en blanding av jord og vann, mente Anaximander at liv kunne oppstå spontant med hjelp fra *apérion*.

Kanskje han kom fra en bondeslekt. Fra bakken gror det opp planter som vi kan spise, eller dyr spiser plantene først og så spiser vi dyrene. Liv oppstår spontant fra jord. Det ligger faktisk igjen i et begravelsesrituale vi bruker: *Av jord er du kommet. Til jord skal du bli.*

Det er noe rart i ideen om *apérion*. I dag antar vi som sysler med fysikk, at all materie i naturen er fortetninger av *energi*. Jeg kommer tilbake til det poenget flere ganger senere i boka.

Anaximenes



Noen år senere, fremdeles i Milét, kom Anaximenes (570-500 fvt.) fram til at det måtte være luft (tåke) som var urstoffet alt var oppstått fra. Han var opptatt av begrepene fortynning og fortetning. Ved fortynning kan luft bli til ild. Det skjer når et bål brenner. Ved fortetning kan luft bli til vann. Det skjer når det dannes dogg på bakken og når det regner. Og ved videre fortetning kan vannet bli til jord. Det var 40 år etter Anaximander, men det virker som Anaximenes bare hadde hørt om det Thales hadde hevdet.

Heraklit



Heraklit (556-460 fvt.) var også fra vestkysten av nåværende Tyrkia, men fra bystaten Ephesus. Han mente at ild måtte være opphavet til alt. Alt inneholder ild. Når ved brenner, blir nesten alt omdannet til ild. Veden må for det meste ha bestått av fortettet ild. Og ved hjelp av ild kan alt forvandles. Vann kan bli til luft. Mineraler/steinarter kan også bli til metall og luft.

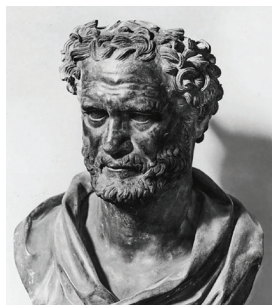
Det er uklart hva Heraklit egentlig mente med ild. Han brukte det greske ordet *phyros*. Vi oversetter det oftest med ild, og har fremdeles den ordstammen igjen som *fyrverkeri* og at noe tar *fyr*. Kanskje mente han ikke at ilden var et grunnleggende element, men en slags urkraft som fikk alt til å skje.

Det er noe fasinende ved ideen om ild. Men hvordan skal vi oversette det to og et halvt tusen år gamle ordet til dagens ordbruk. *Ild* er den vanligste oversettelsen, men hva om vi brukte *varme* i stedet, eller *energi*?

Varme, *flogiston*, ble ansett for å være et eget grunnstoff til langt utpå 1700-tallet. Ved besto hovedsakelig av flogiston og ble frigjort når veden brant. Jeg kommer tilbake til det om flogiston i et underkapittel om Lavoisier senere i boka.

Oversetter vi *phyros* med *energi*, blir det enda mer spennende. Ifølge dagens ideer om universets tilblivelse, helt moderne, *up to date* fysikk, består all materie av fortettet energi, som er kondensert, fortettet, til partikler.

Demokrit



Demokrit (470-380 fvt.) levde mer enn hundre år etter Thales. Han var opptatt av læren om fundamentale elementer. Det måtte være små enkeltpartikler, atomer (*átoma* som betyr *det som er udelelig*). De svirrer rundt i et absolutt tomt rom, *kenón*. Et argument for teorien var: Hvis vi deler opp noe, for eksempel et stykke kritt, kan vi ikke fortsette i det uendelig å dele det opp i stadig mindre biter. Og alle stoffer som kritt og vann har mange særegne egenskaper. Det må finnes noe som er bærere av disse egenskapene.

Teorien om at alt var bygd opp av atomer, *atomteorien*, var omstridt. At det skulle finnes et absolutt tomt rom, hang ikke sammen. Det var et paradoks. Hva skulle et absolutt tomt rom være for noe? Hvis svaret var *ingen ting*, så fremstår paradokset. Da er det noe som ikke er noe. Parmenides (515-450 fvt.), litt eldre enn Demokrit, hadde fastslått at et tomt rom var umulig, for det som ikke er noe, kan ikke ha noen utstrekning.

Helt til begynnelsen av 1900-tallet, for bare drøyt hundre år siden, var det fysikere som tvilte på om atomer og molekyler virkelig eksisterte. I året 1905 publiserte Albert Einstein tre avhandlinger, en forklaring på fenomenet *fotoelektrisk effekt*, *relativitetsteorien* og en matematisk forklaring om *Brownske bevegelser*.

Det fenomenet som vi kaller *Brownske bevegelser*, ble først beskrevet av engelskmannen Robert Brown i 1827. Hvis vi rører inn veldig små partikler som pollenkorn i vann og ser på det i et mikroskop, ser vi at kornene plutselig beveger seg i tilfeldige retninger og med forskjellig fart, selv om vannet er helt i ro. Einstein målte fart og retning, brukte matematisk statistikk, og fant at fenomenet ville stemme helt med matematikken hvis man antok at kornene stadig ble utsatt for støt fra vannmolekyler. Teorien lot seg ikke motbevise/*falsifisere*, og dermed ble vel mange etter hvert overbevist om at atomer og molekyler måtte eksistere.

Jeg tror jeg må forklare et par begreper her, selv om jeg kommer tilbake til det senere. En *idé*, en *teori*, kan *verifiseres* (*bekreftes*) hvis det kommer helt nye uavhengige observasjoner som kan bekrefte teorien. Men kommer det én, og bare én observasjon, som viser at her er det noe som ikke stemmer, så er teorien *falsifisert* (*avkreftet*). Da må teorien enten forkastes eller revideres.

Demokrits atomteori ble verifisert to og et halvt tusen år etter hans død, ved Einsteins statistiske beregninger om årsaken til *Brownske bevegelser*. Demokrits atomteori er så langt ikke falsifisert.

Ild, jord, luft og vann

Ild, jord, luft og vann kalles tradisjonelt for de fire elementene. Vi har det igjen i språket vårt som uttrykket: *fisken i sitt rette element*.

Empedokles

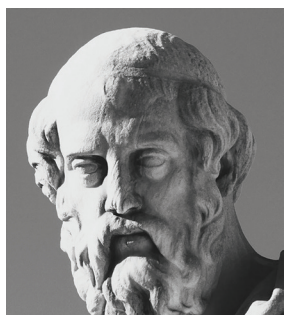


Empedokles (492-432 fvt.) la til grunn at alt var oppbygd av mer enn ett urstoff. Det var de fire elementene: ild, jord, luft og vann. I tillegg innførte han to motsatte naturkrefter, *kjærlighet* og *strid*. Det ene var oppbyggende, det andre nedbrytende. Bare når disse to virket samtidig, kunne det skje endringer i naturen.

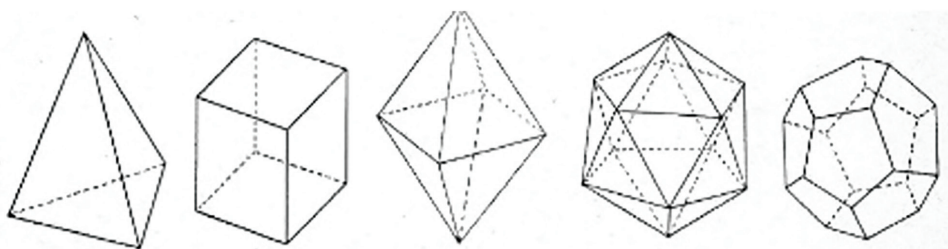
Det minner mye om de gamle kinesiske ideene om Yin og Yang. Vi finner det samme i hinduistisk religion, der guden Shiva bryter ned og ødelegger alt, og Krishna bygger alt opp igjen på nytt.



Platon



Platon (427-347 fvt.) mente at elementene var lagd av ideelle figurer: trekanter, firkanter og femkanter. De hadde bare utstrekning i en flate, men ingen tykkelse. Det fantes i alt fem legemer som kunne bygges av slike regulære mangekanter. Platon tilordnet fire av disse til elementene: ild, jord, luft og vann. Det femte kalte han *eter*. Det var noe overjordisk som verdensrommet besto av, men eteren var ikke en bestanddel av noe stoff som fantes på jorda. Dermed hadde han omgått problemet med absolutt tomt rom. Hele rommet var oppfylt av eter, og elementene befant seg som små partikler i eteren.



Figur fra Callin og Gjerholm: *Historisk fysikk*, Aschehoug 1976.

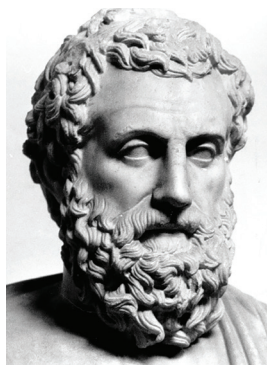
Fra venstre på figuren: ild (*tetraeder*, fire trekkanter), jord (*heksaeder*, kubus, seks kvadrater), luft (*oktaeder*, åtte trekkanter) og vann (*ikosaeder*, tjue trekkanter). Det siste, *dodekaederet*, er bygd opp av tolv regulære femkanter (*pentagoner*). Det var eteren som fylte opp hele rommet. Platon beviste at disse var de eneste legemer som kunne lages med like overflater av like regulære (likesidede) mangekanter.

Flatene (tre-, fire- og femkanter) var ideelle, uten tykkelse, og kunne ikke observeres før de var bygget sammen. De tilhørte en matematisk idéverden. Først når de ble montert sammen, kunne de bli til noe jordisk. Vi kunne tegne slike figurer av mangekanter, men tegningen var bare en jordisk modell av det ideelle objektet.

Hvis atomene (elementene) var lagd av regulære mangekanter, var det disse som var det primære, ikke atomene. Egentlig åpnet det for at atomene ikke var udelelige. Som eksempel kunne to luftatomer ($2 \times 8 = 16$ trekkanter) og ett ildatom (4 trekkanter) demonteres og brukes til å bygge ett vannatom (20 trekkanter). Motsatt kunne ett vannatom gå i oppløsning og danne to luft og én ild. Jeg aner ikke om Platon noen gang reflekterte over ideen om et stort atom kunne deles opp i flere mindre. Men det skjer jo når uran spaltes (*henfaller*).

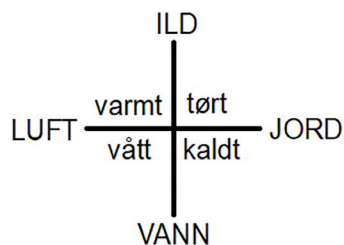
At selve rommet, tomt rom, eteren, egentlig ikke er tomt, men bygget opp av smådeler som ikke var materie, var en merkelig tanke. Men det er noe fascinerende med den. Dagens *kvantefeltteori*, en gren av *kvantefysikken*, forutsetter at både tid og rom er bygd opp av noen minste smådeler. *Planck-lengden*, $1,6 \times 10^{-35}$ meter, er den minste lengden som kan eksistere. Og tiden er heller ikke sammenhengende, *kontinuerlig*, men består av diskrete pakker med tid, hver med en varighet på $5,39 \times 10^{-44}$ sekunder.

Aristoteles



Aristoteles (384-322 fvt.), levde over to hundre år etter Thales og var en elev av Platon. Han hadde vel tilegnet seg det meste av hva tidligere filosofer hadde skrevet eller fortalt. Han mente at de fire elementene, ild, jord, luft og vann, var selvstendige elementer. Alt i verden besto av en blanding av disse.

Han satte dem opp i et system der de var kombinasjoner av to fundamentale motsetninger: kaldt/varmt, tørt/vått.



Læren om de fire elementene ble stående som en udiskutabel sannhet i halvannet tusen år. Og den forutsatte at naturen måtte være oppbygd av enkeltpartikler.

Så lenge pavekirken dominerte Europa, var det kjettorsk å hevde noe som ikke var i overenstemmelse med Aristoteles. Da kunne man bli brent på bål. Hadde Aristoteles skrevet at hester hadde 30 tenner, og alle kongens hester hadde 36, så var alle hestene vanskapte, også kongens.

Alkymistene

Hvis alt var dannet av de fire elementene, ild, jord, luft og vann, og alt kunne omdannes til alt, måtte for eksempel bly kunne omdannes til gull. Enhver fyrste i middelalderen, med litt respekt for seg selv, hadde minst to vismenn i sin tjeneste. En astrolog på taket som skulle holde øye med himmelen og planetene, og fortelle når det kunne være gunstig å gå til krig mot nabofyrsten. I kjelleren satt det gjerne en alkymist. Hans oppgave var å lage gull.

Alkymistene tilegnet seg mye praktisk erfaring om kjemi. De kunne lage saltsyre, salpetersyre, svovelsyre og lut. Men å lage gull, det var vanskelig. Jeg har lest om en oppvisning der alkymisten skulle demonstrere sine ferdigheter. Det skal ha vært i en domkirke i Tyskland. Fyrsten hadde bedt inn notabiliteter og lærde menn.

Alkymisten viste først fram en slags leirklump. Den ble sendt rundt, og kunne gjerne bryttes i stykker slik at alle kunne se at det ikke var noe annet inne i den. Så la han den i ei panne fylt med trekull, og fyrte opp under panna. Da alt var blitt varmt og senere kaldt igjen, kunne han trille en klump med rent gull ut på golvet.

Jeg tror at den alkymisten først måtte ha løst opp gull i *kongevann*. Det er en

blanding av saltsyre og salpetersyre. Da kan gull oksideres til gullklorid (AuCl_2), et gråhvitt pulver. Han hadde vel bakt det inn i en leirklump og varmet det opp sammen med kull. Kull er et såkalt *reduksjonsmiddel*. Det blir brukt til å framstille jern fra malm. Det vil også trekke til seg klor fra gullklorid slik at gullkloridet blir tilbakedannet til rent, metallisk gull.

Fyrsten ville antagelig at han skulle lage mer gull, men unnskyldningen kan ha vært at det var så vanskelig å få tak i én viktig ingrediens, *de vises sten*.

Etter hvert tror jeg alkymistene begynte å tvile på at alt var dannet av de fire elementene. Hvis de startet eksperimentet med å løse opp kobber i salpetersyre, dampe inn syra og varme opp bunnfallet med kull, ble sluttresultatet kobber. Det samme med gull, sølv, jern og tinn. Det ble aldri et annet metall enn det de startet med, og aldri mer av det heller. Startet de med 1 kg tinn, så endte de med 1 kg tinn minus litt svinn muligens.

Alle metallene måtte være selvstendige elementer, i tillegg til ild, jord, luft og vann. Men det kunne de ikke fortelle om. For da risikerte de å miste jobben som alkymist hos fyrsten.



Ptolemaios

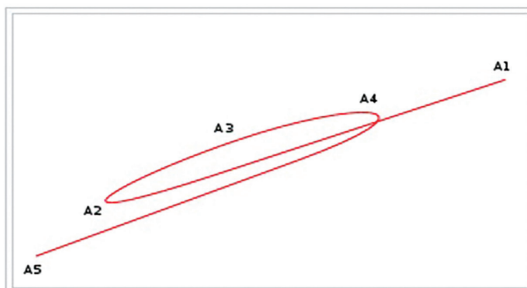
Egypteren Klaudios Ptolemaios (ca. 100-168) var en gresk-romersk astronom, geograf og matematiker. Han lanserte det verdensbilde at jorda var universets sentrum med planeten og stjernene festet til krystallsfærer som roterte rundt jorda. Planetene roterte langs *episykler* festet til sfærene.

Observasjoner av planetenes baner gjennom stjernehimmelen viser noen uregelmessigheter. Planetene går vanligvis til venstre når vi ser mot syd. Men så kan de gå bakover igjen, i *retrograd* bevegelse, og ta en liten sløyfe mot høyre før de fortsetter mot venstre. Da kunne de ikke gå i sirkelbaner rundt jorda. De kunne ikke være festet direkte til sfærene. Derfor mente Ptolemaios at planete gikk i *episirkler*, og at det episirklene som var festet til sfærene.

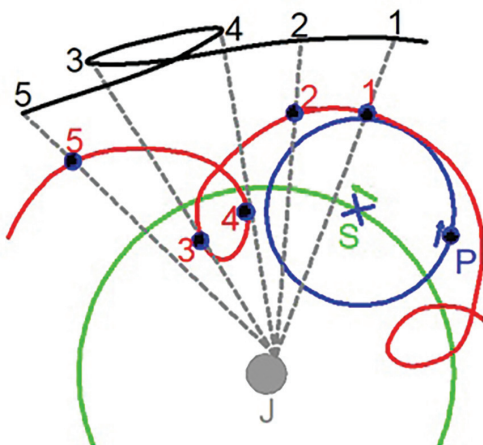
Jeg har tegnet en prinsippskisse av episirkelen til Ptolemaios. Den virker kanskje litt rotete, men det må ha vært slik Ptolemaios tenkte. Kanskje tegnet han også en tilsvarende figur.

Den grønne sirkelen er sfæren der Punktet S roterer mot venstre. S er sentrum for episykelen, blå, der planeten, P, også roterer mot venstre.

Den røde kurven blir da planetens virkelige bane på himmelen.



Wikipedia: Apparent path of Mars in 2009–2010

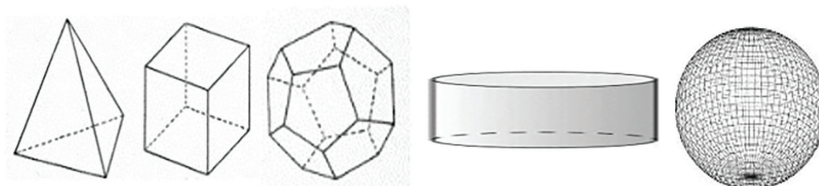


Jeg har markert fem punkter på denne banen, og hvordan vi ser dem (grå stiplede linjer) fra et sted på jorda, J. Fra 1 til 2 og 3 beveger planeten seg til venstre. Det gjør

den også fra 4 til 5. Men fra 3 til 4 går den mot høyre, *retrograd* bevegelse.
Ifølge Ptolemaios var jorda i absolutt ro.

Jordas form og størrelse

Bildet viser noen symmetriske legemer. Vi kan plassere dem med en annen



Sammensatt av bilder fra Wikipedia og Store norske leksikon

flate ned og vri på dem slik at det ser helt like ut. Det er derfor vi sier at de er symmetriske. Men en kule er fullstendig symmetrisk. Den ser helt lik ut uansett hvordan vi snur og vender på den. Derfor regnes kula som det mest perfekte av alle tenkelige legemer.

Thales trodde visst at jorda var flat, en litt tykk skive. Noen filosofer mente at det måtte være helt galt. Det gikk vel med en del vin oppe på Olympen, men gudene kunne ikke ha vært så beruset da de skapte jorda, at de kunne finne på noe slikt tull, å skape jorda som en flat skive!

Et lite logiske resonnement:

Premiss 1: Det mest fullkomne legemet er en kule.

Premiss 2: Det er gudene som har skapt jorda.

Premiss 3: Gudene er fullkommende.

Konklusjon: Altså må jorda være en kule.

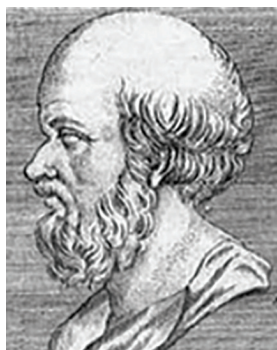
Aristoteles brukte to argumenter for å forklare at jorda måtte være en kule. Selv i oldtiden, da man trodde at jorda var universets sentrum, hadde de forstått at ved måneformørkelser var det skyggen av jorda som gjorde at lyset fra sola ikke eller bare delvis nådde månen. Jordas skygge på månen var krum. Det indikerte at jorda som forårsaket skyggen, også måtte være krum.



Bilde fra TV2, 21.01.2019

Det andre argumentet var at når et skip kommer seilende inn fra havet, er det først bare de høyeste mastene som er synlige. Etter hvert kommer flere segl til syne, og til slutt hele båten. I starten hadde vi ikke sett båten fordi den kom seilende opp langs en kule og da lå den først under det som var vår horisont.

Eratosthenes

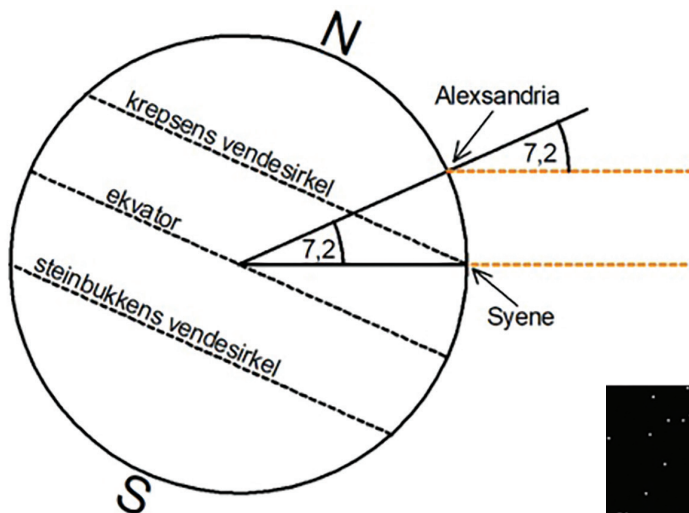


Eratosthenes (246-194 fvt.) levde et par hundre år etter Aristoteles og bodde i Aleksandria i Egypt, som den gang var en gresk bystat. Han ville måle jordas størrelse. Et stykke rett syd for Aleksandria lå byen Syene (Aswan). Avstanden mellom Aleksandria og Syene var målt opp til å være 5000 *stadier*. Det var en *skritteller* som hadde gått nesten hundre mil og telt antall skritt.

Én stadie var lengden av en idrettsplass (et stadion). Etter arkeologiske utgravninger av slike plasser er det anslått at én stadie er 180 meter. Da blir 5000 stadier tilnærmet 900 km.

Jordaksen heller $23,3^\circ$ i forhold til jordas omløpsbane rundt sola. Det gjør at vi får *årstider*. Ved *sommersolverv*, ved St. Hans-tider, heller den nordlige halvkula mest mot sola. Da står sola høyest på himmelen. Hvor på jorda sola kan stå rett over hodet på oss, i *senit*, varierer mellom $23,3^\circ$ nord (krepssens vendesirkel) og $23,3^\circ$ syd (steinbukkens vendesirkel).

Gjennom året flytter sola seg over stjernehimlen langs en tenkt sirkel som kalles



ekliptikken. Fra babylonsk tid, cirka 1800 fvt., har den vært delt inn i tolv *stjernebilder*, *dyrekretsen*, og danner grunnlaget for at vi deler inn året i tolv måneder. Sola står i stjernebildet *Krepsen*, fra 22. juni til 22. juli. På den tiden står sola høyest på himmelen på den nordlige halvkule. Det er derfor vi

kaller den nordligste vendesirkelen for Krepsens vendesirkel. Sola står i stjernebildet *Krepsen* når sola *snur* om sommeren.

Jeg har tegnet to gule streker på figuren. Det er solstråler som kommer rett inn fra høyre. Ved midtsommer sto sola i senit i Syene. Da sto den rett over hodet på folk og kastet ingen skygge. Men lengre nord, i Aleksandria, kom sollyset litt på skrå, $7,2^\circ$ fra syd.

Eratosthenes brukte en *gnomon*, en stolpe som sto loddrett eller en høy statue, en *obelisk*.



<https://media1.picsearch.com>



<https://www.alamy.com>

$7,2$ grader? Da var det enkel matematikk: 360 grader, sirkelen rundt hele jorda, delt på $7,2$ grader blir nøyaktig 50 . Da måtte jordas omkrets være 50 ganger lengre enn avstanden fra Aleksandria til Syene: 5000 stadier $\times 50 = 250\,000$ stadier, eller $45\,000$ km. Det er bare $12,5\%$ større enn det vi nå vet om jordas omkrets. Ikke så verst med datidens metoder, med han som gikk hundre mil, prøvde å holde konstant skrittlengde og telle antall skritt.

Å måle opp jordas omkrets for over to tusen år siden ved å skritte opp? Vel, han gikk jo ikke hele jorda rundt. Det holdt med at han gikk en femtiendedel.

Å telle skritt var metoden den gangen når man skulle måle opp lange avstander. Aleksander den store var konge i den hellenistiske staten Makedonia fra år 336 til 323 fvt. Med en hær på førti tusen mann underla han seg et enormt område, Hellas, Libanon, Israel, Egypt, Tyrkia, Syria, Irak, Iran og litt av India fram til elven Ganges. Bakerst i hæren gikk det en gjeng som ikke var stridende soldater. Det var skrittellere. De skulle tegne et kart over riket, og da måtte man kjenne avstander og retning.



Hypatia

Hypatia
(c a .
355-416)
studerte
matema-
tikk og

astronomi som sin far, Theon, samt filosofi. Hypatia viet senere livet sitt til videre utvikling av disse fagene. Hun underviste ved den nyplatoniske skole i Alexandria, både for kristne og de som ble kalt hedninger. Hypatia var populær og hun holdt også foredrag ved mange læresteder i Egypt.

Hypatia bekjente seg til den filosofiske retningen nyplatonisme. De mente at det gudommelige urvesenet som alt sprang ut ifra, ikke var fullkommen på alle områder. Spesielt i materien kunne det gudommelige urvesenet også frambringe ondskap.

Hypatias far, var leder for det kjente biblioteket som også huset den nyplatoniske skole, universitetet og museet i Alexandria. Hypatia ble etter sin far leder av det lærestedet som i dag blir omtalt som det berømte biblioteket i Alexandria.

Ideen om et stort bibliotek og kunnskapssenter skal ha kommet fra Aleksander den store i år 330 fvt. Men det var kong Ptolemaios I (367-282 fvt.) som var grunnlegger av lærerstedet. Det ble videreført av kong Ptolemaios II (309-246 fvt.).

Biblioteket i Alexandria hadde verdens største samling av papyrusruller og pergamenter trolig fordi datidens lov innebar at biblioteket hadde rett til å sikre seg en kopi eller originalteksten til alle skrevne tekster som kom inn eller befant seg i landet. Biblioteket tiltrakk seg lærde som Pytagoras, Arkimedes og Euklid.

Hypatia var svært godt likt av studentene og høyt respektert blant de fleste. Dessverre har hennes litterære verk gått tapt, så vi vet ikke så mye om hvorfor hun ble ansett for å være blant de fremste filosofene i antikken. Det vi vet med større sikkerhet, er at hun viet sitt liv til det rent faglige. Det viste hun også gjennom klesveien der hun valgte å gå med filosofens kappe (tribun) som ikke fremhevet det kvinnelige.

Hypatia rekonstruerte og kommenterte trolig mange kjente verk fra flere forfattere som ellers kunne gått tapt for all ettertid. Råmaterialet til omskrivningene fant hun muligens i rester av brannskadde papyrusruller på biblioteket i Alexandria. Men



<https://allthatsinteresting.com/hypatia-of-alexandria>