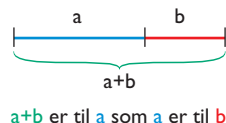


Arkimedes' vægtstangsprincip.

undgik konsekvent at anvende begreber om det uendeligt lille eller uendeligt store, og han udviklede en teori om proportioner, som overvandt forskellige problemer med de irrationale tal, som jo ikke kunne skrives på en endelig form, ved i stedet tale om forholdet mellem linjestykker. Eudoxos' teori om proportioner udgør formentlig femte bog i Euklids *Elementerne*, og var helt frem til midten af 1600-tallet en afgørende teori om matematiske sammenhænge, og den bidrog væsentligt til definitionen af reelle tal i 1900-tallet.

Eudoxos' arbejde var et led i matematikkens geometrisering, idet proportioner i stigende grad blev forstået som relationer mellem figurer snarere end som forhold mellem tal. Eudoxos fremlagde også en ny metode til bestemmelse af areal og rumfang for figurer og legemer, kaldet exhaustions-metoden. Den går ud på, at man systematisk opdeler figuren eller legemet i mindre og mindre stykker og dernæst ser på hvilket resultat, man så nærmer sig. Man kan med denne metode, som også Arkimedes benyttede, opnå gode resultater – resultater, som man siden hen kun kunne opnå med den såkaldte infinitesimalregning. Matematisk erkendelse udtrykkes altså som erkendelse om proportioner, om forhold imellem almene størrelser, og den repræsenteres først og fremmest geometrisk.



Ved at undgå irrationale tal og i stedet tale om forholdet mellem linjestykker bidrog Eudoxos væsentligt til geometriseringen af den græske matematik. F.eks. bad han sine venner om at markere det punkt på en linje, som de syntes gav den mest æstetiske deling. De fleste valgte et punkt i overensstemmelse med det gyldne snit – dvs. det irrationale tal $\frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1,618033\dots$, der kan udtrykkes som en relation, hvor summen af de to linjestykker a og b har samme størrelsesforhold til a , som a har til b .

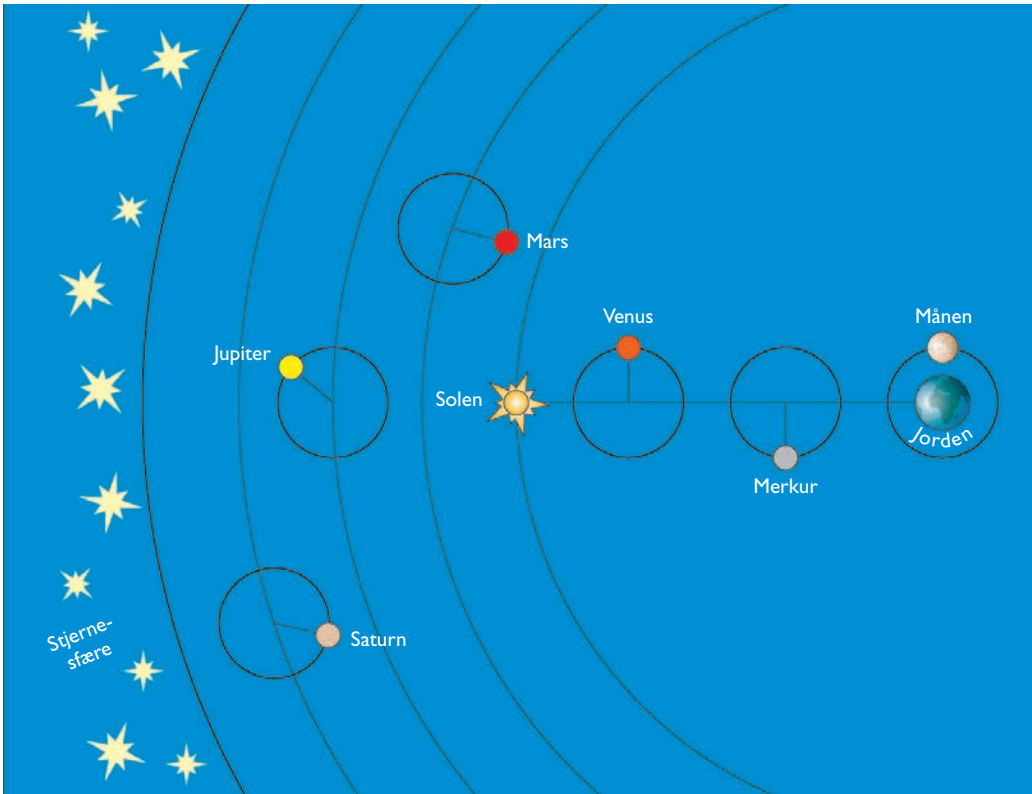
Jorden placeres i centrum

Platon havde i sin dialog *Timaios* opstillet en model for verden med Jorden i centrum og stjernerne og planeterne kredsende udenom i forskellige lag af koncentriske cirkler. De forskellige niveauer bevægede sig med hver deres

konstante hastighed. Men ser vi på Solen, så har den to bevægelser. Den ser ud til at bevæge sig rundt om os her på Jorden én gang i døgnet, men den bevæger sig også rundt på himmelkuglen i ekliptika. Det samme gælder Månen, der jo også står op og går ned hver dag, men derudover udfører en i forhold til Solen lidt kompliceret bevægelse på himmelkuglen, ikke som Solen i løbet af et år, men i løbet af en måned. Det er derfra, vi har vores bestemmelser måned og år: SOL-år og MÅNed. Eudoxos modificerede nu Platons teori, så f.eks. Solens bevægelse baserede sig på to kuglesfærer, hvor den ene drejede inde i den anden, således at den ene foretog en komplet cirkelbevægelse i døgnet og den anden én pr. år. Månen måtte have tre sfærer, planeterne fire. Disse forestillinger overtog Aristoteles, og de kom til at danne basis for forståelsen af universet helt frem til 1600-tallet.

Men hvis man faktisk observerer Solen, Månen og planeterne, så passer observation og teori ikke sammen. Især planeterne opfører sig mærkeligt, af og til foretager de f.eks. baglæns bevægelser. Allerede Platon havde været opmærksom på denne uoverensstemmelse og krævet, at astronomerne skulle fremlægge en teori, der kunne "redde fænomenene", dvs. kunne gøre rede for det faktisk observerede. Ydermere vidste man, at årstidernes længde ikke var ens. Tiden fra forårsjævndøgn til sommarsolhverv er længere end fra sommarsolhverv til efterårsjævndøgn. Det gav problemer, hvis Solen skulle bevæge sig med jævn hastighed i en cirkel med Jorden i centrum. Enten var bevægelsen ikke jævn, eller også var Jorden ikke centrum i Solens cirkel.

Omkring år 200 f.v.t. arbejdede flere teoretikere med disse problemer, og de fremlagde mere komplekse modeller af universet, herunder endda modeller, der placerede Solen i centrum af universet. Cirkelbevægelserne måtte enten være "excentriske" i forhold til hinanden, eller der måtte være tale om flere sammensatte cirkelbevægelser. At der var tale om cirkelbevægelser, tvivlede ingen på. I studiet af disse modeller udviklede man i øvrigt en mængde ny matematisk viden, f.eks. inden for trigonometrien. Det blev Ptolemaios, der omkring 150 e.v.t. i Alexandria formulerede den afgørende opsummering af alle disse overvejelser i værket *Almagest*. Det indeholder tretten bøger og giver ikke blot en matematisk bestemmelse af modeller for universet, men også et utal af målinger og navne på stjernebilleder, dvs. en stor mængde empirisk viden baseret på observation af stjernehimlen. Ptolemaios opbygger sin model af universet med Jorden i centrum og Månen,



Solen og planeterne kredsende uden om i cirkelbaner bestående af yderligere cirkelbaner, såkaldte epicykler. Modellen kan sammenlignes med en kreds af mandlige dansere, der drejer rundt i én retning, og hvor der i en cirkel omkring hver mand danser en kvinde i modsat retning. Hvis vi nu ser på ét dansepar, så vil den kvindelige danser udføre en bevægelse svarende til en planets bevægelse. Hvis der i mændenes midte står en danseinstruktør, dvs. Jorden, vil vedkommende opleve kvindelige dansere, der bevæger sig både fremad – følgende de mandlige dansere – men af og til også modsat. Ptolemaios var klar over, at der fandtes en anden model, hvor danserne – dvs. Månen, Solen og planeterne – alle bevæger sig sammen, men hvor danseinstruktøren ikke står i kredsens centrum. Den var tidligere blevet fremsat af astronomerne og matematikerne Hipparkos og Appollonius (ca. 262-190 f.v.t.). Men Ptolemaios viste, at de to hypoteser redegjorde lige godt for de observerede fænomener, og i sidste ende valgte man at tro på, at Jorden var centrum for planeternes, Månens og Solens cirkelbevægelser.

Ptolemaios' model af universet med Jorden i centrum og Månen, Solen og planeterne kredsende uden om i såkaldte epicykler (se også s. 79).



En 1500-tals rekonstruktion af Ptolemaios' verdenskort ud fra hans *Geographia*. Næsten ulæseligt står ordene "Sinae" og "Serica" på højre side (Kina) og kæmpeøen "Taprobanes" (Sri Lanka).

Som led i sit astronomiske arbejde udarbejdede Ptolemaios tabeller over, hvad vi i dag ville kalde trigonometriske funktioner, f.eks.

sinus-funktionen. Det lykkedes ham at lave endda meget nøjagtige tabeller ved hjælp af geometriske metoder, tabeller der først blev forbedret i slutningen af 1600-tallet, hvor man begyndte at anvende helt andre beregningsmetoder. Ptolemaios afsluttede ikke kun den antikke astronomi og leverede den videre til araberne, hvorfra den igen i 1200-tallet kom tilbage til Europa. Han arbejdede også med astrologi i værket *Tetrabiblos* samt med geografiske problemer, især problemer knyttet til udarbejdelsen af kort. Her er problemet at skabe en todimensional repræsentation af en tredimensional virkelighed. Det vedrører projektiv geometri, som Ptolemaios arbejdede med i sit værk om geografi, *Geographia* fra ca. 150 e.v.t. I dette værk fandtes også en lang række forsøg på at kortlægge både Afrika og Asien, og mange århundreder senere sejlede Columbus vestpå fra Portugal med netop disse kort ombord.

Euklid, Arkimedes og Ptolemaios var forskere, der udviklede teorier og skabte imponerende resultater. Vi tror selvfølgelig ikke på Ptolemaios' model

af universet, ligesom astrologi ikke længere anses for videnskab. Men de tre forskeres metoder er stadig i vidt omfang gældende. Det meste matematik foretages inden for den tradition, som Euklid kodificerede, og formulering og analyse af matematiske modeller er stadig en helt afgørende teoretisk aktivitet hos forskerne. Hvad, der er ændret, er først og fremmest, at man fra midten af 1600-tallet ikke længere tænkte geometrisk i den forstand, som f.eks. Arkimedes og Ptolemaios gjorde.

Man hører ofte, at den græsk-romerske kultur ikke var særligt orienteret imod det praktiske, forstået som eksperiment og teknik. Man orienterede sig i stedet imod matematik og teoriområder, der kunne formuleres matematisk. Det praktiske blev derimod forstået som det, der havde at gøre med etik, politik, samfundet og det enkelte menneskes liv. En række forskere gennemførte store empirisk orienterede projekter, f.eks. Aristoteles' og Teofrasts (ca. 370-285 f.v.t.) undersøgelser af henholdsvis dyr og planter, men de var baseret på forestillingen om, at man kunne finde generelle principper i tingene via observation. Ud fra sådanne generelle principper kunne man så foretage kategoriinddelinger, dvs. klassifikation. Men ser vi på efterladenskaberne fra antikken, må det stå klart, at man alligevel har rådet over en stor teknisk og organisatorisk ekspertise – ellers havde det været umuligt at opretholde en så udviklet og udbredt civilisation i så mange århundreder.

Den antikke lægekunst

Især ét område var i hele antikken præget af et komplekst samspil imellem observation, praktisk handling og teoretisk refleksion: lægekunsten. Læg mærke til ordet, som adskiller sig fra nutidens "lægevidenskab". Var antikens lægeaktivitet kunst eller videnskab? Det samme spørgsmål kan stilles til "ingeniørkunsten". Grækerne konstruerede skibe, fyrtårne, templer og komplekse instrumenter, romerne byggede akvædukter, kupler og veje. Alle-rede omkring midten af 400-tallet f.v.t. blev der nedskrevet en stor mængde lægelig viden i form af de hippokratiske skrifter, opkaldt efter Hippokrates (ca. 460-377 f.v.t.), grundlæggeren af lægekunsten. Denne samling på omkring tres afhandlinger indeholder både konkrete sygehistorier og mere generelle overvejelser over sundhed og sygdom. De arbejder med forestillingen om, at sygdomme kan klassificeres, at der kan stilles diagnoser, og at sygdomme forløber lovmæssigt, dvs. at det er muligt at give en prognose for