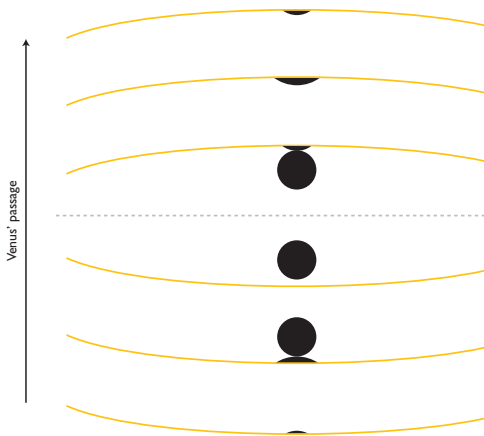


jeg har en sådan.” Voltaire tvivlede på sjælens eksistens og mente, at virkeligheden måtte bestå af dels en Gud og dels den materielle verden, hvor dyr og mennesker levede, ikke som besjælede væsener, men som bevidste. Bevidstheden var ikke struktureret af medfødte ideer, men mennesket havde visse basale instinkter, der udfoldede sig og i samspil med omverdenen var med til at forme mennesket.

## Mécanique Analytique

I 1758-59 genkom Halleys komet. Edmond Halley (1656-1742) var en vigtig newtonianer, der allerede på Newtons tid havde beskæftiget sig med himmelfænomener. Han opdagede den komet, der er opkaldt efter ham, og fremsatte den hypotese, at denne komet havde vist sig flere gange, og derfor måtte bevæge sig i en elliptisk bane i solsystemet. Han fremlagde også forslag til, hvordan man mere nøjagtigt kunne bestemme solsystemets størrelsesforhold, først og fremmest afstanden fra Jorden til Solen. I 1761 kunne man i forbindelse med Venus’ passage forbi Solen beregne denne afstand – og fik den for datiden gode værdi 153 millioner km.

Halleys komets genkomst skulle kunne forudsiges og beskrives præcist ud fra Newtons love, hvis den opførte sig som et normalt himmellegeme, der havde en elliptisk bane i solsystemet. Flere fysikere, der kæmpede intenst for newtonsk fysik, fremkom med forudsigelser, der passede i en sådan grad, at det blev udlagt som overvældende sejre for den newtonske videnskab. Det fik en foreløbig kulmination i 1788, da Lagrange fremlagde Newtons



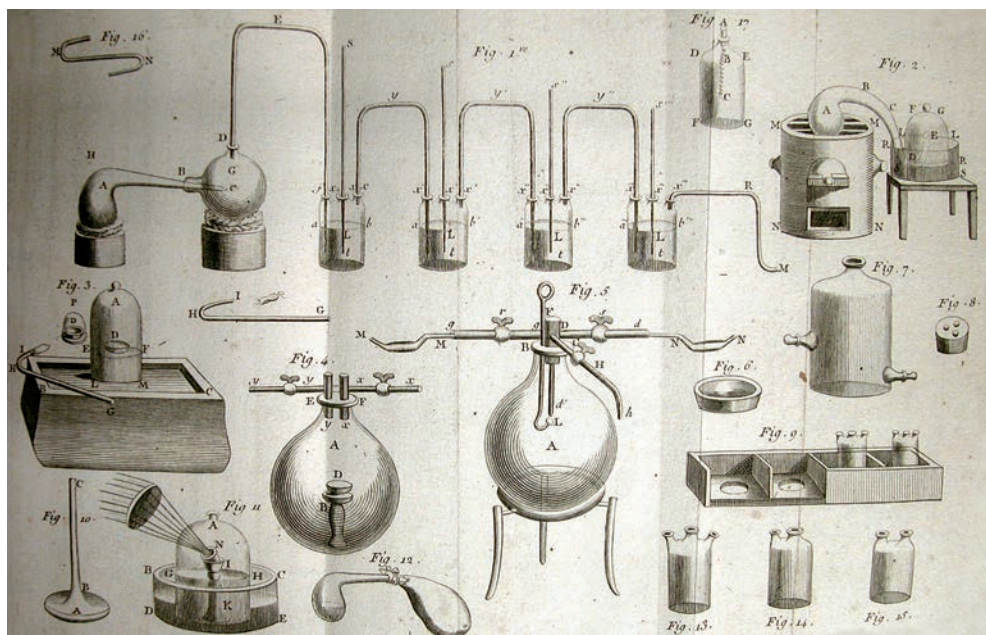
På trods af et stort antal af observationer slog forsøgene på at måle den eksakte afstand til Solen ved hjælp af Venus’ passage hen over Solen fejl. Blandt årsagerne var den såkaldte “sort-dråbe effekt”, som man kan se på denne tegning fra James Cooks (1728-79) ekspedition til Tahiti i 1769. Den sorte dråbe gør, at Venus ser ud til at sidde fast på randen af Solen. Der dannes en lille bro mellem de to sfærer, hvilket med datidens instrumenter skabte en fejlmargen i beregningen af parallaksen (s. 103) på op til 40 sekunder i aflæsningen af tidspunktet for kontakt. I mange år troede man, at årsagen til den sorte dråbe var en atmosfære på Venus, men i virkeligheden skyldes effekten en optisk diffraktion pga. Jordens atmosfære.

teorier helt uden anvendelse af geometriske begreber. Fysikken blev analytisk, dvs. formuleret i rent algebraiske termer. Derfor kaldte Lagrange også sit værk *Mécanique Analytique*. Der var i virkeligheden tale om en avanceret anvendelse af den infinitesimalregning, som Leibniz og Descartes havde skabt, men uden at acceptere Leibniz' eller Descartes' metafysiske overbevisninger. Det var Descartes og Leibniz som videnskabsmænd, der blev koblet sammen med Newton og Locke som kosmologer og erkendelsesteoretikere.

Man sondrer ofte mellem to faser i udviklingen af den mekaniske fysik. Den første startede med Galileo Galilei (1564-1642) og endte med Newtons arbejder i 1680'erne, mens den anden starter med d'Alemberts forsøg med en ny matematisk formulering af Newtons fysik fra 1743 og ender med Lagranges og Laplaces arbejder omkring tiden for Den Franske Revolution. I løbet af anden halvdel af 1700-tallet etableres dermed den matematisk formulerede mekaniske fysik som en selvstændig videnskab. Den er nu helt formuleret i et algebraisk matematisk sprog, der på ingen måde ligner de fænomener, der beskrives. Fysikken er etableret som en universel videnskab, der beskæftiger sig med de egenskaber, som naturen har i sin fulde almenhed.

Samtidig sker der også en etablering af kemien som selvstændig videnskab. Det er først og fremmest igennem teoridannelser, der muliggør, at den kan blive kvantitativ, dvs. at man kan måle på de kemiske reaktioner. At to stoffer reagerer med hinanden, og at der kommer noget nyt ud af det, er en almindelig erfaring. Men hvordan de talmæssige forhold i en sådan reaktion er, det er straks sværere at svare på. En række kemikere, måske først og fremmest franskmanden Antoine Laurent de Lavoisier (1743-94), begynder at udføre kemiske eksperimenter, hvori der vejes og måles. Det var muligt, fordi målemulighederne i løbet af 1700-tallet var forbedret utroligt. Man frembragte måleskalaer og forbedrede instrumenterne og deres nøjagtighed, og det resulterede bl.a. i teorier om, at de kemiske stoffer var sammensat af såkaldte grundstoffer. Man begyndte også kvantitativt at studere fysiske fænomener som varme, magnetisme og elektricitet, der ikke umiddelbart lod sig forstå mekanisk.

I slutningen af 1700-tallet har man således mulighed for at formulere et mekanisk og deterministisk verdensbillede. Verden er et stort mekanisk system styret af få – muligvis kun én – lovmæssighed, og det er beskriveligt og forudsigeligt med matematiske midler, forstået som ligninger. Disse lig-



De store fremskridt inden for kemien opstod især ved hjælp af nye målingsapparater. Her ses en planche fra Lavoisiers *Traité Élémentaire de Chimie* · History of Science Collections, University of Oklahoma Libraries.

ninger er differentilligninger. Ud fra et antal observationer af verdens tilstand på et givet tidspunkt – dvs. man har målt værdierne af en lang række parametre – er det muligt at løse ligningssystemet og dermed forudsige verdens tilstand på et vilkårligt senere tidspunkt. Så-

dan beskriver Laplace i 1796 solsystemet, og denne beskrivelse er for ham og hans samtidige en beskrivelse af selve verdenssystemet.

For mange af oplysningsfilosofferne var verden i sin helhed en stor maskine. Det gjaldt bl.a. Paul Holbach (1723-89) og Julien de La Mettrie (1709-51). Laplace var klar over, at hvis verden var totalt determineret, ville man kunne forudsige dens gang, og teoretisk set med 100 procents sikkerhed og nøjagtighed. Men enhver måling involverer i praksis usikkerhed. Dette skyldes, at måling og observation er psykologiske processer, der er subjektive. Problemet er så, om fysikeren som observator også er en del af virkelighedens maskine. For Descartes var der tale om, at virkeligheden bestod af tre slags elementer: Gud, subjektet og naturen. Erkendelsen fremkom i et samspil mellem disse. Mange tænkere i midten af 1700-tallet arbejdede stadig med ideer om, at tænkning og sansning i virkeligheden var en art Guds indgriben i verden, fordi bevidsthed og tænkning ikke kunne opstå i en rent mekanisk verden. Så mennesket som krop, som mekanisk organisme,

kunne ikke i sig selv være ansvarlig for tænkning og erkendelse. Gud måtte have en rolle. I løbet af 1700-tallet blev det dog mere og mere almindeligt at formulere problemet uden brug af Gud. Sansning og erkendelse var naturlige processer. Men spørgsmålet om, hvordan det var muligt for mennesket som tænkende væsen at erkende en mekanisk verden, stod stadig åbent.

Hen imod slutningen af 1700-tallet var der etableret en generel opfattelse af, at hvis mennesket skulle have viden om sig selv og sin omverden, skulle det ske igennem videnskaben. Videnskaben var en organiseret aktivitet, der baserede sig på observation og måling. Den udførte eksperimenter, der sikrede, at dens påstande om, hvordan verden var indrettet, ikke var vilkårlige, men objektive. Og observationer, i form af målinger og eksperimenter, skulle være gentagelige, således at resultaterne ikke var udtryk for personlige præferencer eller kulturelle fordomme.

Inden for en række felter havde videnskaben også leveret store resultater, der ikke blot gav interessante billeder af, hvordan verden var indrettet, men også muliggjorde løsning af væsentlige praktiske problemer. Forståelsen af videnskaben som teoretisk aktivitet var også ændret. Man stræbte ikke mod en beskrivelse af verden i dens enorme mangfoldighed og kompleksitet, men ville derimod anlægge et bestemt perspektiv, se grundlæggende strukturer og foretage abstraktioner. Hver videnskab havde sin egen autonomi. Hvor man i 1600-tallet havde set fysik og kemi som stort set samme typer af videnskab, kaldet naturfilosofi, så var man nu klar over, at der var stor forskel på de to. At etablere forskellige slags autonome videnskaber, hvor hver enkelt dækker hele universet på hver sin måde, er et væsentligt skridt i retning af en videnskabelig verdensopfattelse.

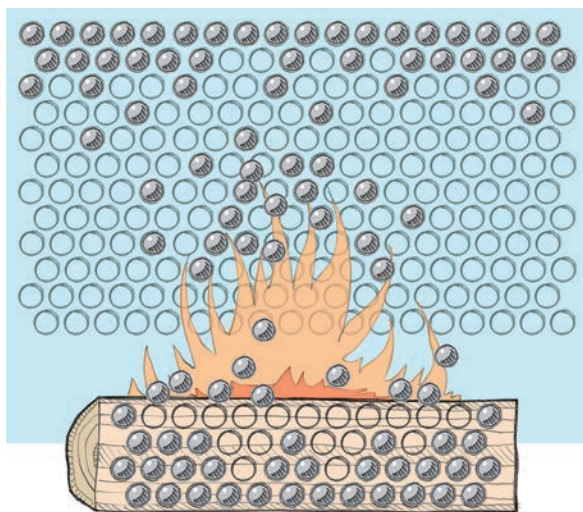
Videnskaben var ikke længere et forsøg på én sammenhængende verdensbeskrivelse, en art total metafysik, men en række forsøg på at anlægge et bestemt abstrakt perspektiv. Fysikken beskrev den fysiske verden, kemien den kemiske osv. Ved hjælp af grundbegreber kunne man fokusere på ganske bestemte træk ved virkeligheden, der dermed under et bestemt abstrakt synspunkt kunne gøres til genstand for utroligt præcise beskrivelser. Videnskaben bidrog dermed til at skabe indtrykket af forskellige verdener – den kemiske, den økonomiske osv. Men samtidig hang disse videnskaber sammen, og sammenhængen var netop den videnskabelige *metode*. Denne lærtes først og fremmest fra den mekaniske fysik og studiet af solsystemet. Det er således karakteristisk, at da filosofen og økonomen Adam Smith (1723-90) skulle

undervise i videnskabelig metode, gjorde han det ud fra en lærebog i astronomiens historie, som han selv skrev.

I slutningen af 1700-tallet er der således etableret en grundopfattelse af, hvad videnskab er, hvad videnskab bygger på, og af hvilken videnskab, der er den mest udviklede. Observation, måling og eksperiment er grundlaget, og kun herigennem kan man sikre, at videnskabelige teorier har relation til virkeligheden og ikke bare er spekulative. Senere i 1800-tallet er der videnskabsmænd, der næsten identificerer videnskab med måling. Et godt eksempel på målingens betydning er diskussionen i kemien om forbrænding. I 1700-tallets begyndelse mente mange kemikere, at forbrænding var en proces, hvor et særligt stof – “phlogiston” – udskiltes. Et metal bestod f.eks. af et stof B samt phlogiston. Når stoffet iltedes, f.eks. rustede, så blev der afgivet phlogiston, og stoffet B var tilbage. Når man så igen påvirkede B ved at opvarme det med f.eks. trækul – et meget brændbart stof, hvilket betød, at det indeholdt meget phlogiston – så overførtes der phlogiston til B, og det blev igen til metal.

I dag ville man sige, at B ikke var et grundstof, men netop en forbindelse med metal og ilt, men dengang kendte kemikerne ikke til sådanne begreber. Hvis man kalder metallet B+P og det af-phlogistonerede stof for B, så skulle man jo antage, at B+P ville veje mere end B alene. Det viste sig dog ikke at være tilfældet, når man vejede alt med. Konklusionen blev, at enten var phlogiston et mærkeligt stof med negativ masse, eller også var teorien gal.

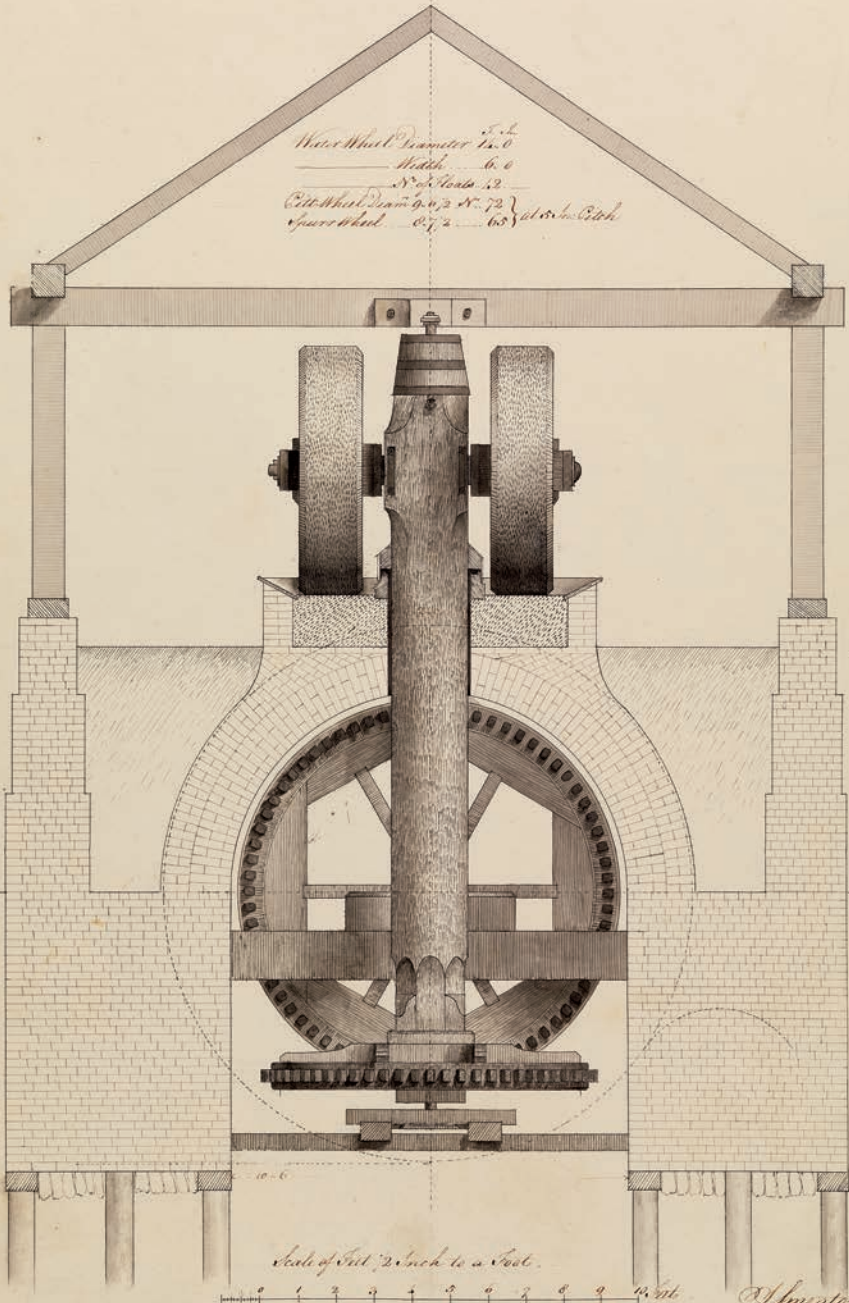
Tegningen, der er udført af fysikeren og ingeniøren John Smeaton i 1771, viser et tværsnit af en vandmølle med overfaldshjul, som han konstruerede i Waltham Abbey, Essex · Royal Society.



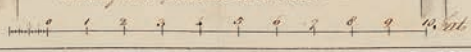
Ifølge phlogiston-teorien er forbrænding en proces, hvor stoffet “phlogiston” frigives. Når træ, metal eller stearin brænder, frigiver de deres indhold af phlogiston til omgivelserne. Når f.eks. træ brændes, forsvinder phlogiston (her repræsenteret ved sølvkuglerne), og tilbage bliver den phlogistonløse aske. Derudover har luften en begrænset kapacitet for, hvor meget phlogiston, den kan indeholde, og det skulle så være grunden til, at stearinlys går ud i en lukket beholder. Der var masser af problemer med teorien, bl.a. at mange metaller blev tungere efter forbrænding, hvilket jo ikke hang sammen med, at de burde frigive stof. Problemet forsøgte man bl.a. at løse ved at foreslå, at phlogiston besad negativ masse. Under alle omstændigheder var denne teori trods alt bedre end ingen teori overhovedet.

*Upright for W. Walton's POWDER MILL at Waltham Abbey.*

*Water Wheel Diameter 12.0*  
*Width 6.0*  
*N<sup>o</sup> of Staves 12*  
*Water Wheel from 9.0 to 11.72*  
*Spur Wheel 0.72 60* } *of the Mill*



*Scale of Feet 2 1/2 inch to a Foot.*



*W. Walton 1771*

Måling tvang altså kemikerne til at overveje situationen, og da ideen om stof med negativ masse var yderst uplausibel, måtte man revidere phlogiston-teorien. Lavoisier var den første, der fremførte den alternative teori, at metal ikke bestod af to stoffer, men var et grundstof, der reagerede med et stof i luften – han kaldte det oxygen – og at trækul, som var brændbart, ikke var brændbart, fordi det indeholdt meget phlogiston, men at det reagerede med luftens ilt.

Oplysningsfilosofferne og tidens videnskabsmænd var vældigt optagne af det praktiske. De havde godt nok mange teoretiske anskuelser, men observation, måling og eksperiment i sig selv egnede sig også til at løse praktiske problemer. Selvom man ikke havde god teoretisk forståelse af et felt, kunne man anstille forsøg. Et kendt eksempel er den engelske fysiker og ingeniør John Smeatons (1724-92) forsøg med vandhjul. Han foretog dem for at finde ud af, om overfaldshjul eller underfaldshjul var de bedste. Han mente på baggrund af omfattende målinger, at overfaldshjul var bedst. Han havde ingen teori om energi, så der var alene tale om rent a-teoretiske empiriske forsøg.

## Hume og Kant

Den skotske filosof David Hume (1711-76) fremlagde i årene omkring 1750 en teori om den menneskelige erkendelse, som var mere radikal end Lockes og de fleste af de franske oplysningsfilosoffers. Hvor de helt klart mente, at der fandtes en materiel verden, som påvirkede vore sanser og dermed gav anledning til erkendelse, var Hume mere skeptisk. Ifølge ham var det eneste, man med sikkerhed kunne vide, at der var en sammenhæng mellem sanseindtryk og begreber – altså at erkendelse var et resultat af noget, der havde med sanserne at gøre. Om der rent faktisk var noget, der påvirkede sanserne, var umuligt at bevise, idet det ville kræve, at vi kunne percipere sammenhængen imellem dette noget og sanseindtrykket. Men selv dét ville jo blot være et sanseindtryk osv. Når jeg således ser en rød postkasse, så siger Hume, at jeg alene kan være sikker på, at jeg har et rødt postkasseagtigt indtryk. Derefter antager jeg, at der er en rød postkasse, som er årsag til dette indtryk – selve ordet “indtryk” siger jo, at der må være noget, der trykker, og noget der trykkes – men jeg kan ikke være sikker på, at der faktisk er en sådan rød postkasse.