

tet til det menneskelige erkendelsesapparat. Det bliver så i stedet knyttet til almene logiske eller tegnteoretiske forhold. Det bliver en indflydelsesrig løsning i slutningen af 1800-tallet, som logikere og filosoffer som f.eks. Gottlob Frege (1848-1925) og Charles Sanders Peirce (1839-1914) forfægtede. Endelig kan man fastholde hovedideerne fra Kant og forsøge at modificere hans teori, så den passer med den videnskabelige udvikling. Det betyder, at begrebet om apriori må ændres betydeligt. Det var en vej, som blev betrådt af den såkaldte neo-kantianisme. Man kan på mange måder sige, at udviklingen i forståelsen af erkendelse og videnskab i løbet af 1800-tallet er et opgør med Kant og forsøg på at etablere alternativer.

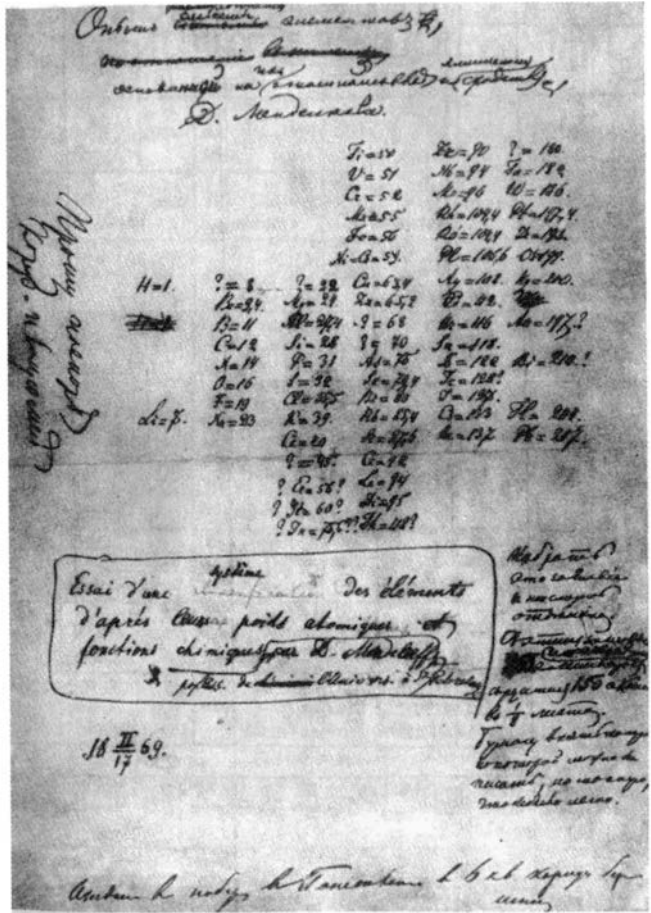
Mekanisk manipulerbar materie

Det mekanistiske synspunkt havde megen medvind igennem århundredet. Så meget, at det blev udviklet til et helt materialistisk og reduktionistisk program. Her antog man, at det, der udgør virkeligheden – det egentligt eksisterende – er materielle legemer i forskellige former for interaktion. Atomteorien, der var blevet overbevisende fremsat inden for kemien i begyndelsen af århundredet, forstærkedes hele tiden. Dmitrij Mendelejevs (1834-1907) opdagelse af det periodiske system i 1860'erne skabte orden og synes at bekræfte teorien. Ligeledes skete der en enorm udvikling i forståelsen af stoffernes struktur ud fra atomhypotesen. Det muliggjorde syntesen af en lang række nye kemiske stoffer – farvestoffer var her nogle af de mest succesrige – og igen forekom det at bekræfte teorien.

Også termodynamikken fik et mekanisk grundlag, da man omkring 1850 begyndte at forstå varme som et mekanisk fænomen knyttet til hastigheden af stoffernes molekyler. Opdagelsen af de såkaldt brownske bevægelser (se s. 233) i 1827 havde allerede for mange bekræftet en teori om, at der i en væske var "skjulte" entiteter, der fór hid og did, og James Clerk Maxwells (1831-79) mekaniske teori om varme fra 1860'erne gav et billede af stofferne som bestående af netop små partikler, der fulgte bestemte love.

I slutningen af århundredet var der ganske mange videnskabsmænd, der var overbeviste materialister. Verden bestod af atomer, og imellem disse var der visse kræfter: tyngdekraft, elektriske og magnetiske kræfter. Når verden var så kompleks, som den var, skyldtes det, at der var foregået en udvikling, der havde konfigureret materien mere og mere, så der var opstået liv, og le-

Mendelejevs første periodiske tabel fra 1869 havde en række huller, som først kunne udfyldes senere, efter at man havde opdaget grundstofferne og målt deres egenskaber. Senere kom der mange flere grundstoffer til. Her ses Mendelejevs første grove skitse fra 17. februar 1869.



vende organismer havde udviklet sig, så der kunne opstå mennesker og dermed samfund, der kunne drive videnskab og erkende den verden, som mennesket lever i, og den udvikling, som det er et resultat af.

Hele tiden viste der sig dog fænomener, som ikke rigtig passede ind i billedet af en blot mekanisk verden. I begyndelsen af århundredet opdagede H.C. Ørsted (1777-1851) sammenhængen mellem elektricitet og magnetisme. Udforskningen af dette fænomen optog mange fysikere og resulterede i en sammenhængende teori omkring 1860, også formuleret af Maxwell. Men det var en teori, som det var vanskeligt at give en mekanisk forståelse af. Lys er elektromagnetiske svingninger, og som sådan må stjernelyset kunne rejse som svingninger igennem det tomme rum. Og dog: hvordan er det muligt for svingninger at svinge i ingenting? Eller måske er rummet slet ikke tomt? Under alle omstændigheder blev den teoretiske beskrivelse af elektricitet og magnetisme udnyttet til mange teknologiske nybrud: til udvikling af det elektriske lys og elektromotoren, og senere til radiotelegrafi, radio og telefon, dvs. alle de nye kommunikationsteknologier. Den elektromagnetiske teori havde ikke desto

•• Maxwells ligninger

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = \frac{\delta \mathbf{B}}{\delta t}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\delta \mathbf{D}}{\delta t}$$

Maxwells ligninger blev hver for sig foreslået af videnskabsmænd som Johann Gauss (1777-1855), Michael Faraday og André-Marie Ampère (1775-1836), men det var Maxwell, som indså, at deres kombination "giver et konsistent billede af nærmest alt hvad du ønsker at vide om elektricitet og magnetisme". Blandt de mest smukke ting ved Maxwells ligninger er deres grad af abstraktion og symmetri, hvilket har givet dem en slags kultstatus blandt fysikere.

mindre i sig kimen til et opgør med den mekaniske forståelse af verden, ikke kun fordi den involverede transport af energi gennem det tomme rum i form af svingninger, men også fordi den lokaliserede energi i et "felt", et be-

greb som fysikeren Michael Faraday (1791-1867) introducerer omkring 1830. Magnetens magnetisme er ikke *i* magneten, men *i* feltet uden om den. Forsøgene på at sammentænke elektromagnetisme og en mekanisk model var vigtige, men viste sig ufrugtbare.

I løbet af 1800-tallet formes også konturerne af en mekanisk forståelse af det levende. Omkring 1830 formuleres den teori, at alt levende består af celler. Man frembringer de første organiske stoffer syntetisk – kemikeren Friedrich Wöhler (1800-82) er i stand til at syntetisere urinstof i 1828 – og det opfattes af mange som, at man nu er ved at nedbryde grænsen mellem den døde natur og den levende. Fysiologi og biokemi gør enorme fremskridt, og det bliver efterhånden accepteret at betragte liv som en kompleks kemisk proces. En sådan anskuelse kaldes materialisme. Franskmanden Claude Bernard (1813-78) formulerer i midten af århundredet den opfattelse, at biologien skal studeres med de metoder, man kender fra fysik og kemi, dvs. først og fremmest eksperimentet. Hans bog *Introduktion til studiet af den eksperimentelle medicin* fra 1865 bliver nærmest et kampskrift for en gennemgribende tro på videnskaben og dens muligheder for at løse alle problemer. Flere biologer ser dog liv som noget enestående, der ikke kan reduceres til ren kemi – især folk med en romantisk videnskabsopfattelse.

Efterhånden som positivisme og materialisme får det totale overtag i midten af århundredet, ændres situationen dog. Flere biologer hævder, at noget levende kun kan opstå af noget andet levende, og enhver celle kommer således fra andre celler. Det sker ved celledeling, og i slutningen af århundredet er der ved at være klarhed over hvordan, selvom forståelsen af arvelighed først kommer til omkring 1900. Ideen gav dog problemer i forhold til livet som sådan: hvis der er sket en udvikling fra en verden uden

liv til en verden med liv, så må livet jo på et tidspunkt være opstået af det ikke-levende. I den forbindelse er der mindst tre positioner, der har betydning i anden halvdel af 1800-tallet. Den første er en videreførelse af den romantiske videnskabs opfattelse, som siger, at det levende er noget helt for sig, og at det følger særlige lovmæssigheder, der ikke kan reduceres til fysik eller kemi. Det er vitalismen. En anden position går ud på, at alt, også det levende, må studeres med samme videnskabelige metode. Et sådant studium viser, at noget levende ikke kan opstå af noget livløst.

Den franske biolog Louis Pasteur (1822-95) er den store fortaler for dette synspunkt. Man kan kalde det en positivistisk position, fordi den ikke tager stilling til de store metafysiske spørgsmål eller forsøger at skabe en samlet verdensforståelse. Holdningen er, at hvis problemer kan løses rationelt, kan de løses videnskabeligt, og det sker ved brug af videnskabens metoder – og hvad der ligger derudover, er et område for tro, dvs. noget, man som videnskabsmand ikke kan udtale sig om. Endelig er der en rent materialistisk position, der dermed også er en metafysisk position, som siger, at det levende er en kompleks form for organisation af materien, som er fremkommet på et tidspunkt, og som udvikler sig hele tiden.

Studiet af biologiske fænomener, og især fokuseringen på variationerne i livets udvikling, fører til nye behov for beskrivelse af naturfænomener. Det er ikke længere nok at beskrive ved hjælp af klassifikationssystemer, som f.eks. botanikeren gør, eller at fremlægge naturlove i matematisk form, hvor tilknytningen til naturen sker via usikre målinger. Nu må fænomenerne studeres ved hjælp af sandsynligheder – dvs. man må beskrive statistisk i stedet for mekanisk. Inden for flere områder af videnskaben finder en sådan udvikling sted, sådan at man bliver opmærksom på, at ikke kun kausale sammenhænge er virksomme i naturen. Ved slutningen af 1800-tallet opdages fænomener, som er essentielt *tilfældige*, eller som kun kan beskrives kausalt, hvis man har en viden, som intet menneske kunne have, som f.eks. viden om alle molekylers position og bevægelsestilstand. Især inden for termodynamik og biologi bliver statistiske beskrivelser nødvendige. Det kunne se ud, som om naturen ikke kun er beskrivbar med lovmæssigheder af kausal art, såsom: hvis A sker, så sker B nødvendigvis, eller hvis B er observeret, så må A nødvendigvis være gået forud – men snarere af formen: hvis A sker, så er der en vis sandsynlighed for, at B sker, og hvis B er observeret, så er der en vis sandsynlighed – men absolut ikke nogen sikkerhed – for, at A er sket forud. Et in-

teressant biologisk felt, hvor sandsynlighed syntes at spille en essentiel rolle, var arvelighed. Der var intet, der sagde, at hvis to intelligente forældre fik børn, så ville børnene også være intelligente, men der var bestemt en vis sandsynlighed for det; ligesom to mindre intelligente mennesker godt kunne få meget intelligente børn. Den engelske biolog Francis Galton (1822-1911) studerede netop sådanne sammenhænge og udviklede statistiske beskrivelsesværktøjer. Senere får statistiske beskrivelser en endnu mere central betydning i forståelsen af naturen.

Victorianisme og positivisme i videnskab og teknologi

I 1600- og 1700-tallet var der ikke de store forskelle på filosoffer og videnskabsmænd. De enkelte discipliner var ikke adskilt og blev ikke forstået, som vi forstår dem i dag. Der var heller ikke den store forskel på en matematiker og en fysiker, og mange var begge dele. Efterhånden ændrer dette sig dog drastisk. Flere og flere tekniske områder baserer sig på videnskabelige teorier. Typisk gælder det den nye kemiske industri og det elektromagnetiske område, og det gælder termodynamikken, der opstår i forsøget på at forstå dampmaskinen som en energimaskine. Også inden for det biologiske felt sker der voldsomme ændringer. Forståelsen af basale biologiske processer ændres og kan nu beskrives med f.eks. kemiske begreber. Gæring, forrådnelse osv. er naturprocesser, der kan forklares med fysiske og kemiske teorier, og ellers udvikles særlige biologiske teorier, der gør, at man kan forudsige og kontrollere disse processer. Det samme gælder de særlige biologiske processer, der har med sygdomme at gøre. Mekaniske fænomener, såsom broer og lokomotiver, spiller en stadigt større rolle i samfundet, og de skal beskrives og forstås. I og med at det er virkeligheden, der skal forstås, baserer man sig på observationer og målingsresultater – og disse bearbejdes så med matematiske ligninger, formler og statistikker. Fysik, kemi, fysiologi, medicin, alt bliver matematiseret.

Samtidig ændres forståelsen af, hvad matematik egentlig er for noget. Er matematisk fysik f.eks. matematik eller fysik? Når videnskaben ikke længere er apriori, men snarere helt og holdent baseret på observation og empiri, så ændres også forståelsen af forholdet imellem matematik og de empiriske videnskaber, og der sker især en anvendelse af matematikken i fysikken. Dette skal retfærdiggøres af observation, dvs. man må påvise, at en bestemt mate-