

Fra Ørsted til Bohr

Ove Nathan

Der gik en chokbølge gennem de europæiske fysiklaboratorier, da H.C. Ørsted i 1820 opdagede elektromagnetismen. Professor Ove Nathan fører bølgen helt op til Niels Bohr.¹

Det var med en næsten henrivende veloplagthed, at H. C. Ørsted i 1820 berettede om sine forsøg med kompasnålen og den elektriske strøm. Ørsteds skrift var blot på fire sider, forfattet på datidens videnskabelige sprog latin, men den lille, latinske afhandling sendte en chokbølge gennem andre europæiske laboratorier. Det forbløffede Ørsteds noget dogmatiske samtid, at man kunne iagttage så tæt en forbindelse mellem elektriciteten og magnetismen, men kollegerne var mindst lige så forbløffede over, at denne Ørsted havde påvist eksistensen af en elementær naturkraft, der vred nålen ud til siden, og som altså måtte betegnes som skæv eller cirkulær i forhold til den elektriske ledning.

På Ørsteds tid var fysikken endnu domineret af Newtons autoritet. Med god grund, for hvad havde Isaac Newton dog ikke kunnet forklare i sit storværk *Principia* 130 år før Ørsted. Newton havde med overbevisende nøjagtighed beskrevet hele den himmelske mekanik ud fra en enkelt naturkraft, tiltrækningen mellem to masser, en kraft, der virker så simpel, rettet, som den er, efter forbindelseslinien mellem to massepunkter, og formet med et enkelt matematisk udtryk. Newtons billede af en centralt rettet kraft med en enkel matematisk form havde den franske fysiker Charles Coulomb endda kunnet genfinde 100 år efter Newton i vekselvirkningen mellem to statiske, elektriske ladninger. Derfor var Ørsteds samtid overbevist om, at centralkraften måtte være prototypen på en fundamental naturkraft. Nej, siger så Ørsted, der er også skæve naturkræfter til, sådan er elektromagnetismen. Og gennem et halvt århundrede efter Ørsted blev dette fænomen det store hit i europæisk fysik.

Englænderen Michael Faraday formulerede nye idéer om noget, han kaldte elektriske og magnetiske kraftlinier, og skotten James Clerk Maxwell satte kronen på værket med en almindelig teori, som overraskende kunne knytte forbindelsen mellem elektromagnetismen og lyset sammen. Mer' end det. Maxwell havde en ganske anden angrebsvinkel end Newton. Hos Newton er massetiltrækningen fx mellem Solen og Jorden en øjeblikkelig virkende kraft, der så at sige signalerer tiltrækningen på afstand, og øjeblikkeligt, over store distancer. Og sådan var det universelle billede af en naturkraft endnu i 1870, på Maxwells tid. En øjeblikkelig fjernvirkning, kan man sige. Nej, siger Maxwell. Elektromagnetismen signaleres ved udbredelse af noget, jeg kalder det elektriske og magnetiske felt, og udbredelsen er ikke øjeblikkelig – den sker med lysets hastighed. En elektrisk ladning på afstand reagerer først, når feltet når frem til ladningen, og ladningen reagerer på feltet i ladningens umiddelbare omegn. Det er fjernvirkning

kontra nærvirkning, øjeblikkelig virkning kontra endelig udbredelsehastighed. Filosofisk set genoplivede Maxwell faktisk en gammel, såkaldt hvirvelidé af René Descartes, en idé, som Newton med ildhu havde bekæmpet. Men Descartes' hvirvler var nu også meget spekulative.

Maxwells succes med elektromagnetismen var eklatant, men der kom problemer i succesens kølvand. Den tids teoretiske fysikere kom nemlig i vanskeligheder, når de overvejede, hvad der skete, når man analyserede elektriske og magnetiske fænomener i to henførelsessystemer, der bevægede sig jævnt i forhold til hinanden. Fx hvis det ene system var knyttet til den faste jord og det andet til et jævnt rullende tog. Der var noget i de Maxwellske ligninger, der var på kant med mekanikken. Med et snuptag løste den unge Albert Einstein i 1905 denne knude, da han formulerede sin specielle relativitetsteori. Einsteins teori kunne se nok så uskyldig ud, når det tog, jeg just nævnte, bevæger sig med almindelige hastigheder. Så tager den Einsteinske mekanik sig ud næsten som hos Newton. Men bevæger toget sig med hastigheder nær lysets hastighed, så afviger Einstein dramatisk fra Newton. Og konsekvenserne er ganske alvorlige, når man med Einstein tager fat på rum og tid.

Begrebet samtidighed får et indhold, der afviger fra det Newtonske. Einsteins teori fra 1905 kaldes den specielle relativitetsteori, fordi den kun angår de specielle systemer, der bevæger sig jævnt i forhold til hinanden. Gennem ti følgende år kæmpede Einstein for at almindeliggøre teorien, så den også kunne dække fænomener i accelererede systemer. Einstein tog altså fat på fysikkens ligninger, som de må se ud for en iagttager, der befinder sig i et tog, der bremser, eller i en elevator, der falder frit, når elevatorkablet er skåret over. Alt hos Einstein er nu feltteori, nærvirkning, og i 1915 kunne han så publicere sit mesterværk, den almene relativitetsteori. Einsteins store opdagelse i den almene teori var forbindelsen mellem acceleration og tyngde. Hvad der var startet hos Ørsted med elektromagnetismen og udviklet hos Maxwell til en elektromagnetisk feltteori, det var nu mirakuløst blevet til en langt mere omfattende feltteori, hvor man kunne vende tilbage til Newton og anskue også massetiltrækningen i et nyt lys. Hos Einstein er også massetiltrækningen blevet til en nærvirkning, tyngden er blevet til en lokal, geometrisk egenskab ved rummet, og tyngdefeltet er blevet til noget, der udbreder sig med lysets hastighed.

Ørsted blev i sin tid i første omgang mødt med skepsis, Faraday og Maxwell ligeså. Einsteins almene relativitetsteori blev i 1915 også opfattet af mange kolleger som spekulativ snak, og man følte sig ikke

¹ Artiklen er tidligere udgivet som kronik i Politiken den 13. januar 1999 og bringes med tilladelse fra Politiken.

overbevist af hans forudsigelse af en forbindelse mellem lys og tyngde. Einstein havde regnet på afbøjningen af en lysstråle fra en fjern stjerne, når strålen bevæger sig tæt forbi Solens enorme tyngdefelt. Og den almene relativitetsteori giver et resultat for afbøjningen, som er markant anderledes end det resultat, der kommer ud af den gammeldags, Newtonske mekanik. Kunne Einstein mon have ret? Så kom året 1919 med en total solformørkelse, hvor den almene relativitetsteori kunne sættes på en prøve. Og det viste sig så, at Einstein fik ret, kun hans teori kunne gøre rede for astronomernes observationer, og det med stor præcision. Den gamle, Newtonske mekanik forudsagde en afbøjning, der kun var halvt så stor som den målte. Så stor var sensationen, at *The Times* i London lancerede nyheden under overskriften "NEWTONIAN IDEAS OVERTHROWN". En voldsom påstand for en britisk avis, for hvilken Sir Isaac Newton altid havde været et urørligt koryfæ. Og måske også lidt uretfærdigt over for gamle Newton, hvad jeg skal vende tilbage til om et øjeblik. *New York Times* fulgte op et par dage efter med lignende overskrifter. Einstein blev kåret til dette århundredes Newton. Men målet var endnu ikke fuldt for Newton. Under hele udviklingen fra Ørsted over Maxwell til Einstein beholdt Newton dog en solid bastion: den strengt kausale beskrivelse, princippet om årsag og virkning.

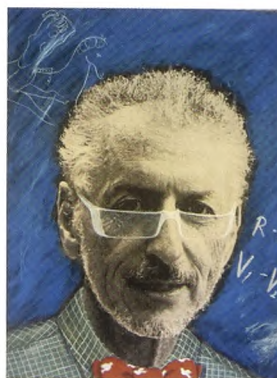
I Jordens bane omkring Solen kan Newton mikrosekund for mikrosekund gøre rede for de to legemers nøjagtige placering og hastighed. Kender man systemets tilstand til et bestemt tidspunkt, er fremtiden rent principielt til at beregne for dette system af to masser. Men tvivlen var begyndt at nage. To år før Einsteins almene relativitetsteori havde den unge Niels Bohr åbnet et vindue til mikroverdenens mekanik. Bohr havde undersøgt brintatomet med stor succes, men undervejs havde han måttet indføre et nyt og uvant kvantepincip, og samtidig måtte han kvitte dele af den gamle mekanik. Det var prisen for succesen, og Bohr måtte allerede i 1913 sætte det første lille spørgsmålstegn ved det hævdevundne kausalitetsprincip. Bohrs elektroner vidste så at sige på forhånd, hvilke tilstande de ville hoppe over i, og det blev meningsløst at spørge om, hvor elektronerne befandt sig under deres spring fra en kvantetilstand til en anden. Det store opgør med kausaliteten i mikroverdenen kom i 1925, da tyskeren Werner Heisenberg formulerede sin kvantemekanik, tæt fulgt af østrigeren Erwin Schrödinger og englænderen Paul Dirac.

Kvantemekanikken indeholder en principiel ubestemthed, sådan at forstå at man ikke i mikroverdenen på samme tid kan fastlægge sted og hastighed. Kender man elektronens energi ganske nøjagtigt, smutter den så at sige ud mellem fingrene på én, elektronens sted bliver ganske ubestemt. Newton var en stridbar herre, og han ville med god grund have været forbitret over overskriften i *The Times*. Havde han kunnet kommentere i dag, ville han have udbrudt: skulle mine idéer være kuldskastede? Sludder og vrøvl, Månen, planeterne og kometerne følger med lige stor nøjagtighed mine forudsigelser nu i 1999, som de gjorde det i 1687, på min tid. Og Ørsted, Faraday, Maxwell, Einstein, Bohr

og Heisenberg ville stemme i og sige: Newton har da ret. Vi andre har udvidet Sir Isaacs begrebsramme, men når vi anvender vores moderne teorier på hans fænomener, er der ingen modsigelse. Når hastighederne er moderate, når tyngdefelterne er moderate, og når man holder sig fra atomernes mikroverden, så går den moderne fysik lige så stille og jævnt over i den gamle.

Eftertidens fysik har suppleret Newton med elektromagnetisme og med særegne fænomener langt uden for hans forestillingskreds, og i disse områder holder Newton altså ikke. Det er der ikke noget at sige til. Det er, hvad man måtte forvente. Også det ny syn på kausaliteten er knyttet til mikroverdenens fysik. Det ubestemthedsprincip, der forbyder samtidig bestemmelse af en elektrons hastighed og position, er uden betydning, hvis sagen drejer sig om en flyvemaskine eller en planet.

Men på ét punkt kan man sige, at »Newtons ideas are overthrown«, at Newtons idéer er kuldskastede. Jeg tænker på den Newtonske, øjeblikkelige fjernvirkning. Siden Maxwell er det blevet almindelig accepteret, at en forsinket nærvirkning er en mere hensigtsmæssig beskrivelse af naturen end en øjeblikkelig fjernvirkning. Den teoretiske angrebsvinkel i fysikken, der er knyttet til det matematiske begreb et felt, har vist sin styrke i beskrivelsen af alle elementære naturprocesser. Feltteorier er ikke kun matematiske teorier. Feltteorier har forsynet fysikken med ekstremt nøjagtige forudsigelser, der siden er blevet verificeret eksperimentelt. Hm – ville Newton måske grynte fra sin plads i Westminster Abbey, det argument må jeg bøje mig for. Jeg har hele tiden pointeret, at mine teorier var gode, fordi de virkede – og hvis den moderne tids præcisionsmålinger bekræfter jeres moderne tanker om felt og nærvirkning, så må jeg overgive mig. Og i tilgift er jeg da glad for, at jeg nu forstår min egen tyngdelov meget bedre efter at have læst Einstein. Nu forstår jeg, hvorfor min kraftlov nødvendigvis måtte indeholde afstanden mellem kraftcentre i nøjagtig anden potens. Og jeg forstår, at tyngdemasse og inertimasse må være nøjagtig lige store. Jeg sover roligt videre. Og stemmen fra Westminster Abbey forstummede igen. Og kunne Ørsted kommentere, ville han måske sige: Hvor er det spændende, at jeg blev dåseåbneren, der åbnede for en ny tids fysik. Jeg har hele tiden følt, at der er mange skjulte sammenhænge i naturen, som vi fysikere må forsøge at afdække. Tænk, at min lille kompasnål og mit galvaniske batteri kunne føre så vidt omkring.



Ove Nathan (1926-2002) var professor i eksperimentel kernefysik ved Niels Bohr Institutet. I perioden 1982-94 var han rektor ved Københavns Universitet.