

Newtons verden

Af Carl Henrik Koch

Isaac Newton er berømt for sine bidrag til fysik og matematik, men naturvidenskaben fyldte kun en mindre del af Newtons tid. Han var et rigt facetteret menneske og hans interesser omfattede især alkymi og teologi. Hans mange aktiviteter – herunder fysikken – må ses som bidrag til at begrunde det religiøse verdensbillede, som han delte med sine samtidige.

Enhver, der har stiftet blot et overfladisk bekendtskab med fysik, kender Newtons navn. Det var jo ham med tyngdekraften. Mange ved også, at en af den nyere fysiks hovedværker *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Naturfilosofiens, dvs. fysikkens, matematiske principper), ofte kun kaldt *Principia*, som udkom i 1687, er skrevet af Newton. Nogle husker, at Newton beviste, at det hvide dagslys var sammensat af forskelligfarvet lys, og at de såkaldte newtonringe, dvs. koncentriske mønstre af farvede ringe, der typisk kan iagttages, når en plan og en sfærisk glasflade kommer i tæt kontakt, er opkaldt efter ham. Enkelte særligt interesserede i matematikkens historie er også vidende om, at differential- og integralregningen blev opfundet af Newton. Det er ikke for meget sagt, at det, som Newton i dag huskes for, på afgørende måde ændrede tidligere tiders opfattelse af den virkelighed, vi er en del af, og satte skub i den videnskabeliggørelse af tilværelsen, som på godt og ondt kom til at præge det 21. århundredes mennesker. Men ikke mange ved, at beskæftigelsen med fysik og matematik kun udfyldte en mindre del af Newtons tid og slet ikke angik hans væsentligste anliggende. Han var ikke kun en naturvidenskabelig og matematisk nørd, men et rigt facetteret menneske, og hans mange aktiviteter må ses som bidrag til at begrunde det religiøse verdensbillede, som han delte med sine samtidige. Både i den fysiske verden og i menneskeheds historie kan vi, mente Newton, finde guddommens spor og konstatere, at vi – som forudsagt i *Johannes' Åbenbaring* fra *Det ny Testamente* – nærmer os historiens endemål: Kristi genkomst, tusindårsriget, dommedag, verdens undergang og fremkomsten af en ny, fuldkommen jord og en ny himmel.

Newtons opvækst

Ifølge den julianske kalender blev Isaac Newton født 25. december 1642 i landsbyen Woolsthorpe, som ligger cirka 40 km øst for Nottingham. England havde som andre protestantiske lande endnu ikke gennemført den kalenderreform, som i den katolske verden med indførelsen af den gregorianske kalender blev gennemført i 1582. Det skete først i 1752. Ifølge den nugældende gregorianske kalender blev Newton født den 4. januar 1643. Allerede før det noget svagelige barn kom til verden, var hans far død.

Den familie, som Newton blev født ind i, var bønder, der især ved fåreavl havde opnået en vis velstand, og igennem et par generationer havde slægten ejet lands-

byens herresæde, et lille stenhus på to stokværk med tre vinduer i hver. Det ligger der endnu og er indrettet som mindestuer.

Som barn gik Newton i et par af de nærliggende landsbyskoler og vogtede i fritiden får på marken. Han var ferm til at skære i træ og konstruerede fx små vand- og vindmøller, og demonstrerede allerede som dreng på denne måde sine evner som en yderst habil instrumentbygger, men var næppe meget bevendt som fårehyrde, idet han ofte glemte sin hjord, ikke mindst når han sad under et træ og læste. Ringe forberedt kom han i den nærliggende by Granthams latinskole, hvor han i begyndelsen klarede sig dårligt som en doven og ret uvidende elev. Men ydre begivenheder medførte, at et slumrende konkurrenceinstinkt blev vakt til live og snart var han den bedste i skolen. Her lærte han latin, noget græsk og lidt hebraisk. Indoktrinering i kristendommen var sammen med indtæring i latin den væsentligste opgave for den tids skoler, og han har næppe i matematik lært andet og mere end de elementære regningsarter.

Studietiden

Ved en morbroders mellemkomst blev den 17-årige Isaac i 1661 optaget på universitetet i Cambridge og indskrevet på det sidenhen så berømte Trinity-kollegium. De første år gik med elementære studier, men på et tidspunkt købte han en bog om astrologi. Han kunne imidlertid ikke forstå den og anskaffede sig den klassiske lærebog i geometri, Euklids *Elementer*. Herefter fortsatte han med et af tidens mest originale matematiske arbejder, den franske filosof René Descartes' *Geometri*. Og herefter gik det forbløffende hurtigt. I løbet af kort tid nåede han op på det niveau, der kendetegnede tidens bedste matematikere.

I 1665 udbrød der pest i England og universitetet lukkede. Newton rejste hjem til sin mor i Woolsthorpe og opholdt sig der det meste af det næste år. Og nu skete der noget. Man taler om, at året var Newtons *annus mirabilis*, det strålende år. Mange år efter berettede han selv om, hvad han havde foretaget sig [1], s. 111-12:

I begyndelsen af året 1665 fandt jeg metoden til rækkeudvikling og reglen for at reducere et binomial [dvs. udtryk af formen $(a + b)^n$] til en sådan serie... og i november havde jeg den direkte fluxionsregning [dvs. differentialregning], det næste år i januar opstillede jeg

teorien for farver, og den følgende maj måned var jeg trængt ind i den inverse fluxionsregning [dvs. integralregningen]. Og samme år begyndte jeg at tænke på tyngden som noget, der strakte sig til Månens bane, og jeg udledte... ud fra Keplers lov om, hvordan planeternes omløbstider forholder sig til deres afstande fra centrene [Keplers 3. lov], at den kraft, som holdt planeterne i deres baner, må være omvendt proportional med kvadratet på afstandene til det center, de drejer sig om, og derefter sammenlignede jeg den kraft, der kræves til at holde Månen i dens bane, med tyngdekraften på Jordens overflade og fandt, at de næsten svarer til hinanden. Alt dette skete i de to pestår 1665-1666. For dengang var jeg på mit livs højdepunkt [Newton var da 23!] med hensyn til at gøre opdagelser og tænkte mere over matematik og filosofi [dvs. fysik] end nogen sinde siden.

Det er en imponerende liste over opdagelser og opfindelser, som Newton her beskriver, skønt han måske har pyntet lidt på den. Kun en har gjort ham kunsten efter, nemlig Einstein, der i næsten samme alder i 1905 udgav tre epokegørende artikler, hvori han dels teoretisk og eksperimentelt begrundede en partikelteori for lys, dels argumenterede overbevisende for eksistensen af atomer og endelig formulerede den specielle relativitetsteori. Men Einstein publicerede sine resultater, hvorimod Newton aldrig redegjorde i detaljer for sin opfindelse af de to nye regningsarter, og hans lære om tyngdekraften blev først publiceret mere end 20 år senere. Matematikken vendte han aldrig tilbage til undtagen i form af ofte gentagne forelæsningsrækker over elementær aritmetik, fysikken beskæftigede han sig kortvarigt med i en periode frem til arbejdet på *Principia*, som blev til i løbet af 15 måneder henover midten af 1680'erne, og nok fik han trykt en serie af artikler om lyset i begyndelsen af 1670'erne, men en samlet redegørelse for hans optiske teorier udkom først i 1704 i hans engelsksprogede *Optik* næsten 40 år efter, at han havde udført de eksperimenter, de byggede på.

Professorat som 26-årig

Efter pestårene vendte Newton tilbage til Cambridge og blev i 1668 kandidat. Allerede året efter blev han udnævnt til professor med pligt til at varetage fag som geometri, astronomi, geografi, statik og andre matematiske discipliner. Det var også på dette tidspunkt, at han opfandt og konstruerede det spejlteleskop, der senere gjorde ham til medlem af det engelske videnskabselskab *Royal Society*. Som medlem publicerede han en række artikler om lys og farver, men polemik i forbindelse med hans fremlæggelse af sine teorier medførte, at han fra midten af 1670 og igennem de næste mange år afholdt sig fra at publicere.

Med sin argumentation for det hvide dagslys' sammensatte karakter gendrev Newton samtidens opfattelse af, at det farvespektrum, der kunne iagttages, når en

stråle dagslys blev brudt igennem en linse, udelukkende skyldes linsen. Newton havde et afgørende eksperiment, som han mente afgjorde sagen til hans fordel. Han havde anbragt en skærm bag ved en prisme og tæt ved et vindue, hvor sollyset vældede ind. Det brudte dagslys lod han passere igennem et lille hul i skærmen således at et spektrum kunne iagttages på en anden skærm, som var placeret ca. 3,6 meter bag den første. Hvor en af spektrets farver faldt på skærmen skar han et lille hul og lod den stråle af farvet lys, der passerede gennem hullet brydes af en anden linse. På væggen bagved kunne han iagttage, at farven ikke ændrede sig ved at blive brudt. Det kan altså ikke være linsen, som er den afgørende årsag til farvespektret. Newton kunne også vise, at brydningsvinklerne var forskellige for hver af spektrets forskellige farver.

Differentialregning

I sine matematiske overvejelser fra 1660'erne opfattede Newton i lighed med oldtidens store matematikere Archimedes kurver i planer som frembragt af punkters bevægelse henover planet. I en latinsk afhandling om sin fluxionsregning (hvad Leibniz og eftertiden kaldte differentialer kaldte Newton for fluxioner), som først blev offentliggjort i 1745, da udviklingen inden for matematikken var kommet et kæmpeskridt videre, end Newton var nået til i 1660'erne, indledte han med ordene [1], s. 165:

Jeg betragter her matematiske størrelser ikke som bestående af meget små dele, men som frembragt ved en kontinuert bevægelse. Linjer er derfor fremkommet ikke ved at lægge dele efter hinanden, men ved punkters kontinuerlige bevægelse, planer ved linjers bevægelse, legemer ved planers bevægelse, vinkler ved drejning af sider, tidsafsnit ved en flyden [*flux*] og tilsvarende for andre størrelses vedkommende. Disse frembringelser forekommer faktisk i naturen og ses dagligt, når legemer bevæger sig.

Hvis fx en kastebevægelse aftegnes i et koordinatsystem, hvor tiden (t) afsættes ud ad x -aksen og stedet (s), hvor den kastede genstand befinder sig på et givet tidspunkt, på y -aksen, har et givent punkt på den aftegnede kurve koordinaterne (t_n, s_n) , og differentialekvotienten ds/dt vil da være genstandens hastighed i punktet. Dette viser umiddelbart, hvor anvendelig differentialregningen er i forbindelse med fysikken [1] (s. 163-68). Newton brugte selv de nye regningsarter ved beviser for adskillige læresætninger i *Principia*, men omskrev alle de beviser, hvori det var sket, til geometriske beviser ud fra den overbevisning, at den geometriske bevisførelse, som den fandtes i Euklids *Elementer*, var den mest fuldkomne matematiske metode.

Newton, Halley og Principia

I 1684 blev det diskuteret blandt nogle af Londons lærde – heriblandt astronomen Edmund Halley – hvordan et legeme bevæger sig omkring et centrallegeme, hvis det

er tiltrukket af en kraft, der er omvendt proportional med kvadratet på afstanden mellem dem. Ingen af dem kunne give et tilfredsstillende svar. Halley havde hørt, at der i Cambridge levede en begavet yngre matematiker ved navn Isaac Newton og tog derfor dertil og stillede spørgsmålet til ham. Umiddelbart svarede Newton, at legemet ville bevæge sig i en ellipse. Hvor vidste han det fra, ville Halley vide. Det havde han beregnet. Om Halley måtte se beregningerne? Ja, hvis han kunne finde dem, ville han sende dem til ham. Men Newton kunne ikke finde sine beregninger og foretog derfor nye beregninger, der efter lidt indledende vanskeligheder gav det ønskede resultat, og sendte dem til Halley, som forelagde dem i Royal Society, hvilket medførte et ønske om at få publiceret beregningerne. Det var begyndelsen til *Principia*.

I et udkast til et forord til *Principia* beskrev Newton bogens indhold på følgende måde [1], s. 336:

I de to første bøger behandler jeg kræfter i almindelighed under forudsætning af, at de tenderer imod et centrum, uanset om det [dvs. centret] ikke er i bevægelse eller er i bevægelse. Jeg kalder dem helt generelt centripetale [dvs. midtpunktsøgende] kræfter og spørger ikke efter kræfternes årsag eller art, men betragter kun deres størrelser, retninger og virkninger. I den tredje bog begynder jeg at beskæftige mig med tiltrækningskraften som den kraft, som holder himmellegemerne i deres baner. Jeg finder ud af, at de kræfter, ved hvilke planeterne holdes i deres baner, aftager med kvadrater på afstande, når de fjerner sig fra de planeter, mod hvis centre disse kræfter tenderer, og at den kraft, hvormed Månen er holdt i sin bane omkring Jorden er lig med vores tyngde [...].

Fysikkens nye grundlag

Principia er bygget systematisk op og hele værket hviler på tre grundsætninger: Den første er Inertiprincippet, i den anden siges det, at en bevægelsesændring er proportional med den påtrykte kraft og finder sted langs den lige linje, ad hvilken kraften er påtrykt, og den tredje, at to legemers påvirkning på hinanden altid er lige store og modsatrettede. Ud fra disse enkle lovmæssigheder lykkedes det Newton at udlede de keplerske love for planetbevægelserne. Disse love, som tidligere kun havde status som erfaringslove, fik på denne måde en rationel begrundelse.

I *Principia* er matematik og fysik knyttet tæt sammen. Descartes havde drømt om at formulere en matematisk fysik, men det lykkedes ham ikke at virkeliggøre drømmen. Det lykkedes for Newton.

I *Principia* afviste Newton at beskæftige sig med tiltrækningskraftens årsag, dvs. hvilken fysisk realitet, der ligger til grund. Han kalder den her for en matematisk kraft, dvs. en matematisk fiktion, der har den funktion at sammenknytte iagttagede fysiske fænomener som fx tidevandet og Solens, Månens og Jordens placering i forhold til hinanden. Men siden sin pure ungdom

havde han forsøgt at give en mekanisk forklaring på tiltrækningskraften, dvs. forklare den som en virkning af materiepartiklers pres på eller stød til hinanden. At tænke sig tiltrækning som en fjernvirkning var for Newton uden mening. Imidlertid lykkedes det ham aldrig at forklare tiltrækningen mekanisk, så undertiden nærrede han den opfattelse, at den skyldes guddommens direkte indgriben i den fysiske verden.

Aktive kræfter og alkymi

Mekaniske kræfter som pres og stød opstår ikke af sig selv. En materiepartikels pres på en anden skyldes, at den selv har været genstand for et pres. Mekaniske kræfter er derfor passive kræfter. En anden type kræfter, nemlig aktive kræfter, dvs. kræfter, som er aktive uden at være aktiveret af noget udefrakommende, fandt Newton i alkymien, og fra midten af 1670'erne brugte han megen af sin tid til at beskæftige sig intenst med alkymi, og han fortsatte dermed, både mens han arbejdede på *Principia*, og efter at værket var udkommet. Ved sin død efterlod han sig alkymistiske manuskripter på mere end 1 million ord. Det var ikke Newtons formål at omdanne uædle metaller til guld, men at finde ud af om alkymiens aktive kræfter kunne forklare tiltrækningskraften. Men heller ikke her fandt han en tilfredsstillende forklaring. I midten af 1670'erne havde han også forsøgt ud fra alkymien at redegøre for lyset. Om "Newtons alkymi", se [1].

Kosmologi og teologi

Newtons verdenssystem i *Principia* er ikke et selvkørende system. Hvis massetiltrækningskraften er den dominerende fysiske kraft, kunne han ikke ud fra sin fysik forklare, hvorfor ikke alle himmellegemerne samlede sig i en klump. Og systemet havde også brug for, at der til stadighed blev tilført kraft. Dette viser, skrev Newton i *Principia*, at guddommen også er et emne for fysikken, fordi det må være Gud, der fastholder himmellegemerne i deres indbyrdes positioner, og som opretholder systemet. På denne måde kom den newtonske fysik til at begrunde det religiøse verdensbillede, der var Newtons.

I gennem hele sit liv beskæftigede Newton sig intenst med religiøse, kirkehistoriske og teologiske overvejelser og studier. Han er blevet beskrevet som en af de mest bibelkyndige i det 17. århundredes England. Der er grund til at formode, at han brugte langt det meste af sin tid på overvejelser af denne art. Hans anliggende var her at finde frem til menneskehedens oprindelige kristendom og at fjerne senere tilføjelser, hvor især treenighedslæren var genstand for hans kritik. Han mente at kunne dokumentere, at der ligefrem var tale om bibelforfalskning. Om "Newtons teologi", se [1].

Kongelig møntmester

I 27 år virkede Newton som professor i Cambridge. I 1696 blev han udnævnt til inspektør på Den kongelige Mønt i London og forlod hurtigt universitetet uden at se sig tilbage. Han kom som inspektør til at stå for den møntreform, der med det formål at forhindre falskmønt-

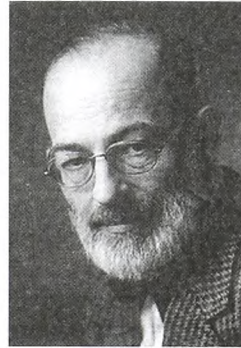
neri fandt sted henover midten af 1690'erne i England. I 1700 blev han leder af Mønten, en stilling han bevarede indtil sin død i 1727. Det var en yderst vellønnet stilling, som bragte Newton op i den økonomiske overklasse. Om "Newton og Mønten", se [1]. Som nationens største videnskabsmand blev han adlet i 1705. Bondedrengen fra Woolsthorpe havde nået det engelske samfunds top.

En mere udtømmende redegørelse for Newtons liv, forudsætninger og virke er givet i min bog *Isaac Newton – Geniet og mennesket* [1]. En kortere version og en række Newton-tekster oversat til dansk findes i [2]. Newton er også behandlet i en tidligere artikel i *Kvant* [3].

Litteratur

[1] Carl Henrik Koch, *Isaac Newton – Geniet og mennesket*. Lindhardt og Ringhof 2013.

- [2] Carl Henrik Koch, *Natur, videnskab og metafysik – Newton og filosofien*. Aarhus Universitetsforlag 2007.
- [3] Carl Henrik Koch (2007), *Fra Aristoteles til Newton – Træk af den naturvidenskabelige tænke-mådes historie*, *KVANT* nr. 3, 2007.



Carl Henrik Koch (f. 1938) er filosofi- og videnskabs-historiker og var indtil 2007 docent i filosofi ved Københavns Universitet. Han har skrevet om bl.a. Bacon, Descartes og Niels Stensen, om europæisk filosofi i oplysningstiden og om dansk filosofi fra 1530 til 1950. I februar i år udgav han en stor Newton-biografi [1].

Rekyl – breddeopgave 54 med didaktisk kommentar

Af *Jens Højgaard Jensen*, *IMFUFA*, *NSM*, *RUC*

Mit formål med artikelserien om breddeopgaver er – udover at gøre opmærksom på RUCs fysikuddannelse – dobbelt: Dels udvælger jeg opgaverne, så de kan have interesse som fysikproblemer i egen ret. Dels udvælger jeg dem med henblik på at kunne knytte didaktiske overvejelser til dem af interesse for fysikundervisere. I første omgang i forhold til universitetsundervisning. Men i anden omgang kunne der måske også trækkes paralleller til andre undervisningsniveauer.

Her bringes løsning og kommentar til opgaven fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaven i sidste nummer af *KVANT* var denne breddeopgave (nr. 54 i rækken her i *KVANT*):

Breddeopgave 54. Rekyl

Rekylvirkningen på de anslåede atomer i en lysende gas ved lysudsendelse medfører en svag afvigelse af frekvensen af det udsendte lys i forhold til den frekvens, der svarer til forskellen mellem atomernes hvileenergi før og efter lysudsendelse. Hvor stor en afvigelse er der tale om? Begrund svaret.

Løsning

Vi kalder forskellen mellem atomernes hvileenergi før og efter lysudsendelse for ΔE og deres hvilemasse i grundtilstanden M . For et atom i hvile før lysudsendelse vil atomets hastighed v efter lysudsendelse på grund af impulsbevarelsen under lysudsendelse være givet ved $Mv = h\nu/c$, hvis vi regner urelativistisk. Her er h Plancks konstant, ν frekvensen af det udsendte lys og c lyshastigheden. Da afvigelsen af ν fra $\nu_0 = \Delta E/h$ er svag gælder $Mv \approx \Delta E/c$. Størrelsen af

den kinetiske energi af det rekylerende atom er derfor tilnærmelsesvis:

$$R = \frac{1}{2}Mv^2 \approx \frac{\Delta E^2}{2Mc^2}. \quad (1)$$

For frekvensafvigelsen har vi tilsvarende:

$$\nu_0 - \nu = \frac{R}{h} \approx \frac{\Delta E^2}{2Mhc^2}. \quad (2)$$

Kommentar

Min far, Henning Højgaard Jensen, holdt i perioden 1952-1960 første års forelæsningerne i fysik på Polyteknisk Lærestanstalt (nuværende DTU). Da der var ca. 500 tilhørere per årgang, har omkring 4000 studerende hørt disse forelæsninger. Det store antal gør, at jeg har haft fornøjelsen af tilfældigt at træffe enkelte af dem ind imellem. Jeg får så typisk fortalt to anekdoter fra min fars forelæsninger. Den ene er en typisk professor anekdote: Det hændte, når min far stak sin tændte pibe i jakkelommen for at begynde forelæsningen, at der gik ild i lommen. Denne anekdote har ikke noget med breddeopgaven her at gøre. Men det har den anden: Min