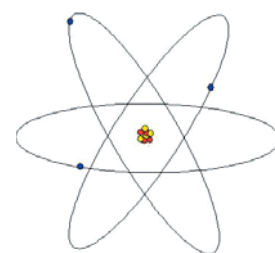


Verden består af atomer

Erkendelsen af, at vi selv, og den verden, der omgiver os er bygget op af atomer er den helt afgørende erkendelse i naturvidenskabens beskrivelse af virkeligheden.



Bohrs atommodell

Af Søren Keiding

■ En selvfølgelig, men ikke nødvendigvis trivielt forudsætning for, at vi kan tale om naturvidenskabelig metode, er, at der findes en eller anden form for virkelighed, som vi kan iagttage, observere eller lave målinger af. Med andre ord er det en forudsætning for kanoniseringen af teorier som klassisk mekanik, kvantemekanik, relativitetsteori, m.fl., at vi har en ide om, hvad virkeligheden består af. Erkendelsen af, at vi selv, og den verden, der omgiver os er bygget op af atomer – eller grundstoffer, som de også kaldes – er den helt afgørende

erkendelse i naturvidenskabens beskrivelse af virkeligheden. Ser vi bort fra mere eksotiske steder som i Solens indre, i sorte huller, eller andre spændende steder i Universet, så er alt opbygget af atomer og alt virker ved atomernes vekselvirkning med hinanden. Skiller vi tingene ad og begynder at studere, hvad de består af, så finder vi ud af, at alt hvad vi og omgivelserne består af, er atomer. Atomerne er med andre ord de byggesten, vores virkelighed er sat sammen af, og de udgør den virkelighed, som alle vores teorier skal prøve at forklare.

Grundstoffer

Der findes omtrent 92 naturligt forekommende stabile grundstoffer, startende med Brint som det letteste og simpleste og sluttende med det tungeste grundstof Uran. Mange grundstoffer kan optræde i tungere eller lettere udgaver kaldet isotoper. Kulstof-14 er eksempelvis en lidt tungere version af kulstof-12, som er langt den mest almindelige form for kulstof. De seneste halvtredsår har fysikerne ved hjælp af store accelerators lært at skabe kunstige,



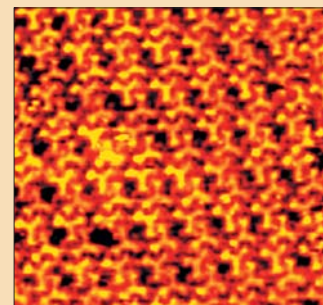
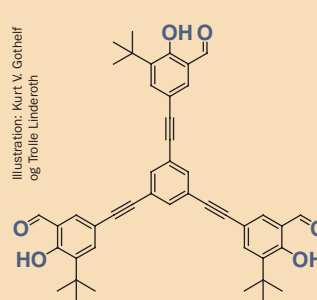
Et portræt af den store fysiker Niels Bohr pryder femhundredekronesedlerne. Han har ydet afgørende bidrag til forståelsen af atomets struktur.



Foto: Jens Lykke Sørensen og Michael Drewnsen

Figur 1. Med moderne eksperimentelle teknikker er det nu muligt både at iagttage og manipulere enkelte atomer. Figuren viser fire Calcium-ioner, der er arrangeret som perler på en snor i et vakuumkammer.

Med en laserstråle kan atomerne køles til temperaturer nær det absolutte nulpunkt og derefter kan de fanges i en fælde. Samtidigt udsender ionerne en lille smule lys og med højfølsomme kameraer kan de enkelte atomer iagttages.



Figur 2. Meget moderne kemi henter sin inspiration i naturens måde at lave mønstre og strukturer. Med kemisk syntese kan man således udforme helt bestemte mønstre, hvor atomerne først bygges sammen til molekyler, som derefter kan organisere sig i bestemte mønstre og former.

Billedet viser, hvordan den molekylære byggesten, vist skematisk til venstre på figuren, ordner sig i et smukt mønster på en guldoverflade. Billedet til højre er optaget med et STM-mikroskop, der gør det muligt at se de enkelte atomer og molekyler på overflade.

eller syntetiske grundstoffer, der er tungere en Uran. Omkring 20 sådanne *transurane* atomer er blevet skabt på denne måde, men de fleste er meget ustabile og henfalder i løbet af brøkdele af et sekund.

I første omgang vil vi dog koncentrere os om de ca. 92 stabile atomer, der udgør grundstofferne, og som findes grupperet i det periodiske system.

Partikler og molekyler

Atomerne selv består af tre slags partikler: elektroner, protoner og neutroner, og de letteste grundstoffer, primært brint og helium, blev skabt direkte i forbindelse med Big Bang. De tungere grundstoffer er efterfølgende blevet skabt dels ved sammensmeltning (fusion) af lettere atomer i stjernernes indre og som et resultat af supernova-eksplosioner. Med andre ord var Stella Nova supernovaen, som Tycho Brahe (1546-1601) observerede i 1572, ikke kun startskuddet til en videnskabelig revolution, den kan også meget vel have skabt grundstoffer til en fremtidig civilisation i vores galakse. Vi er med andre ord alle sammen skabt ud af støvet fra en eksploderet stjerne!

Atomerne er bygget op omkring en meget tung, meget lille og positivt ladet kerne omgivet af negativt ladede og meget lette elektroner. Det er, mere end nogen anden, Niels Bohr (1885-1962), der har bidraget forståelsen af, hvordan atomerne er opbygget: Elektronerne er bundet til at befinde sig i bestemte tilstande, der er udtryk for dels, hvor meget energi elektronerne har, og dels, hvordan de rent rumligt er fordelt omkring atomkernen. Når elektronerne skifter tilstand, sker det ved hjælp af lys. Når elektronerne skifter til en lavere tilstand udsendes der lys, og når de skifter til en højere tilstand sker det ved, at atomerne absorberer lys. De forskellige tilstande kaldes for orbitaler, og atomernes egenskaber er entydigt betemt af, hvilke orbitaler elektronerne befinder sig i. Det er også orbitalerne, der er grundlaget for placeringen

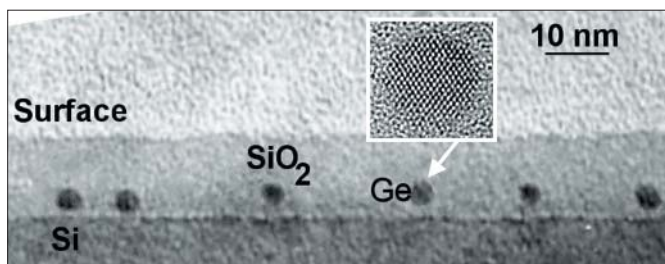


Foto & grafik: Arne Nylandsted Larsen

Figur 3. Moderne elektroniske komponenter bliver mindre og mindre. Billedet ovenfor viser en lille del af en chip baseret på en blanding af Silicium, Germanium og Silicium-oxid. De enkelte Germanium-punkter (quantum dots) er kun ca. 4 nm i diameter og i den indsatte forstørrelse kan man se de enkelte krystalplaner. Komponenter som disse kan bl.a. anvendes til at lagre meget store datamængder på meget lidt plads. Figuren giver også et hint om, at elektroniske komponenter snart ikke kan blive mindre.

af atomerne i det periodiske system, og det er derfor også orbitalerne, der giver atomerne, deres kemiske egenskaber.

Atomer kan binde sig til andre atomer og danner dermed molekyler. Nogle molekyler indeholder kun to atomer, mens de store molekyler, eksempelvis de, der danner grundlaget for biologisk aktivitet, kan indeholde tusindevis af atomer. Vi er opbygget af store biologiske molekyler og alle de processer, der holder os i live, bygger på kemiske reaktioner, hvor atomerne flytter rundt mellem forskellige molekyler. Nogle processer omfatter meget store molekyler, mens andre biologiske processer omfatter ganske få atomer, der skifter plads eller laver nye kemiske bindinger.

Udfordringen

Vi har en god forståelse af de enkelte atomernes opbygning og struktur, og vi har ordnet dem i det periodiske system. Vi forstår samtidigt de kræfter, der virker mellem to atomer, så vi har, i det store hele, kendskab til det grundlag, som både kemi og biologi hviler på. Udfordringen for forskerne i dag er at forstå kompleksiteten, idet atomerne er så små, at der selv i meget små stofmængder er ufatteligt mange atomer. Hvis jordens befolkning var atomer, kunne vi faktisk klemme hele jordens befolkning ind i en terning, hvor siderne kun er ca. 0,0002 mm lange. Og her opstår problemet: for selv om

vi har styr på atomerne to og to, eller måske lidt flere, så kan vi slet ikke håndtere, dvs. regne på, systemernes egenskaber, når der er for mange atomer tilstede. Med andre ord: selv om vi har fint styr på brint- og iltatomerne, og selvom vi har fint styr på et enkelt eller to vandmolekyler, så kan vi stadig ikke udregne egenskaberne af selv en lille bitte vanddråbe. ■

Om forfatteren



Søren Keiding er professor ved Kemisk Institut, Aarhus Universitet
Tlf.: 8942 3861
E-mail: keiding@chem.au.dk

Videre læsning:

I isotopernes verden. Aktuel Naturvidenskab nr. 5/2004.

Niels Bohr - dansker og verdensborger. Aktuel Naturvidenskab nr. 3/2001

Atomteoriens historie

Den græske naturfilosof Demokrit (460-370 f.Kr) var så vidt vides den første til at fremsætte en teori om at verden består af en masse små dele kaldet *atomos*. Han postulerede, at atomerne udførte mekaniske bevægelser, at de hang sammen vha. kroge, og at de havde forskellige størrelser og former. Men ellers var der ikke kvalitativ forskel på dem. Mens Demokrits teori gik i glemmebogen, blev det i stedet Aristoteles, der sætter dagsordenen som fortæller for den berømte teori om, at verden bestod af fire elementer; jord, vand, luft og ild. I flere hundrede år var denne teori en integreret del af samtidens religion og det blev i mange tilfælde betragtet som kætteri ikke at tro på teorien.

Dette var situationen i mange århundreder og man skal helt frem til 1600-tallet før atomteorien for alvor kom til ære og værdighed igen og blev fremstillet i en form, der var forenelig med religionen. Atomteorien i dens moderne form tilskrives normalt John Dalton (1766-1844), som var den første til at opstille de forskellige ideer om atomer i en universel atomteori.

En anden milepæl var da russeren Dmitrij Mendelejev (1834-1907) og tyskeren Lothar Meyer (1830 - 1895) uafhængigt af hinanden ordnede grundstofferne i en tabel med vandrette og lodrette rækker i den udformning, der stadig bruges i dag og kendes som *Det periodiske system*.

Endelig har videnskaben med Niels Bohrs (1885-1962) atommodel fra 1913 og udviklingen af kvantemekanikken derefter, opnået en meget præcis beskrivelse af verdens grundlæggende bestanddele.