

MIN PASSION FOR VAND

LEGOKLODSER OG VANDMOLEKYLER

Jeg er kemiker, og mit arbejde er båret af drømmen om, at vi kan forstå og forklare den fysiske verden ved at pille den fra hinanden. Skiller vi tingene ad, helt ned til de mindste bestanddele, kan vi se, hvordan alting er opbygget af atomer. Det er lidt som en Legobil, som jeg har besluttet mig for at skille ad. Når jeg er færdig, ligger der en masse forskellige klodser på bordet foran mig.

Der findes i runde tal 100 forskellige atomer, og hvis vi studerer atomerne grundigt, kan vi forstå, hvordan verden er sat sammen, og hvordan den fungerer, ved at se, hvilke atomer de forskellige ting består af.

Men desværre – eller måske heldigvis – er det ikke så enkelt. Vi kan jo tage eksemplet med Legobilen igen: Typisk består en sådan legetøjsbil af 200 klodser, nogle af dem er der flere af, mens andre kun optræder i et enkelt eksemplar. Nu skiller jeg bilen ad og lægger alle klodserne i en kasse og ryster den lidt. Kassen sender jeg til en anden legesyg kemikollega og beder hende om at hælde indholdet ud på bordet og gætte, hvad de 200 klodser bliver til i samlet form. Det er oplagt ikke nemt. De fire hjul kunne

måske være en hjælp, og måske gætter min kollega på en barnevogn eller en kontorstol?

Selv med kun 200 Legoklodser er der næsten et uendeligt antal måder at sætte klodserne sammen på, og det er langt fra sikkert, at kollegaen kigger ned i kassen og siger: ”Aha, en bil”. Jeg har præcis den samme udfordring med min kemiske drøm: Den fungerer rigtigt godt, når jeg skiller tingene ad i atomer. Det er relativt nemt at se, at diamanter, oksekød, computerchips og guitarstrengene består af helt bestemte atomer, blandet i særlige forhold og sat sammen på en bestemt måde.

Så når jeg reducerer materialerne til deres mindste bestanddele, kan jeg godt forstå, hvordan de er konstrueret og i et vist omfang også nogle af materialernes egenskaber. Men min tilgang fungerer ikke nær så godt, når jeg prøver at gå den anden vej. Hvis jeg får en kasse med atomer og bliver bedt om at lave en guitarstreng, en oksefilet, eller hvad ved jeg, så er det faktisk ganske udfordrende.

TO HYDROGEN OG EN OXYGEN = H₂O

Det bedste eksempel på denne udfordring er vand: verdens mest forunderlige og vigtige stof. Umiddelbart skulle man også forvente, at vand er et meget simpelt stof, som vi ved alt om. Ser vi for eksempel på, hvilke atomer der skal bruges for at bygge et vandmolekyle, er det ret enkelt: Vand består af et molekyle, der betegnes H₂O. Vandmolekylet er igen sat sammen af tre atomer. Et oxygenatom og to hydrogenatomer. Trods denne simple og vel også relativt velkendte atomare sammensætning kæmper jeg –

og en stor del af verdens fysikere, astronomer, kemikere, biologer og geologer for blot at nævne nogle – stadig med at forstå, hvad der gør vand så specielt, og hvordan vandmolekylets tre atomer kan give anledning til så mange fantastiske egenskaber.

Sender jeg en kasse med vandmolekyler til en kemikollega, kræver det nok ikke så meget fantasi at forestille sig, hvad det kan blive til. Alle molekylerne er ens, og samler vi dem igen, så bliver de – lidt afhængigt af temperaturen – enten til vanddamp, flydende vand eller til is. Min kollegas udfordring, når hun samler vandmolekylerne, er altså ikke så meget, hvad de bliver til, men hvilke egenskaber de har og ikke mindst hvorfor. Så vi forstår i store træk de egenskaber, der er knyttet til de enkelte vandmolekyler, men når vi samler dem, er der stadig mange af de kollektive egenskaber, der er svære at beskrive.

Vand har selvfølgelig et hav af specielle egenskaber, som vi kender rigtigt godt: Kogepunktet er meget højt, is flyder i vand, is isolerer godt mod kulde, is optræder i mere end 13 forskellige krystalformer, vand kan – næsten – ikke presses sammen, og vand kan underafkøles til -41 grader, før det fryser. Men grundlæggende set mangler vi stadig en beskrivelse af, præcis hvordan disse kollektive egenskaber opstår.

NOBELPRISER I SIGTE?

Jeg har sagt det til kollegaer og studerende og gentager det gerne: *Der venter en nobelpris til den eller de forskere, der kan forklare præcist, hvorfor vand har så mange forunder-*

lige egenskaber. Og svaret kan ikke bare være, at det er, fordi vand består af H_2O . Vi skal kunne beskrive kvantitativt, hvordan de enkelte vandmolekyler sidder sammen i forhold til hinanden, og hvordan de bevæger sig og sammen er med til skabe vandets karakteristiske egenskaber.

Så vi mangler en byggevejledning for vandmolekylerne. Køber vi en kasse Legoklodser, følger der en – ofte ganske lang – opskrift med, der fortæller, hvordan vi sætter de forskellige klodser sammen. Det er den type opskrift, vi fortsat mangler for vandmolekylerne. Udfordringen med vandmolekylerne er tilmed dobbelt: Dels sidder vandmolekylerne fuldstændig som Legoklodserne bundet i bestemte positioner i forhold til hinanden; de har med andre ord struktur. Dels kan de også forlade deres faste position og bevæge sig rundt mellem hinanden, så vi har dynamik og bevægelse, men ikke struktur.

Ser vi på vanddamp, altså vandmolekyler ved en temperatur over cirka 100 grader, så dominerer dynamik og bevægelse over struktur: Molekylerne i vanddamp sidder sjældent fast i forhold til hinanden, men bevæger sig i stedet stort set frit rundt mellem hinanden. Med is, altså vand med en temperatur under 0 grader, er det stik modsatte tilfældet. Her flytter vandmolekylerne sig næsten ikke, men sidder i fastlåste positioner i forhold til hinanden. Der er struktur, men meget lidt bevægelse.

Endelig er der flydende vand eller vand, som vi bare kalder det, underforstået, at det er flydende. Det kan begge dele. Det indeholder både molekyler, der bevæger sig frit rundt mellem hinanden, og molekyler, der er fastholdt i

strukturer og ikke flytter sig ud af stedet. I flydende vand skifter molekylerne desuden hele tiden karakter, så et frit vandmolekyle vil øjeblikket efter være bundet og vice versa. Så flydende vand er altså kendetegnet ved frihed og bundethed, ved såvel struktur som bevægelse.

Og her begynder eksemplet med Legobilen at blive lidt utilstrækkeligt. Med al respekt for en moderne Legobils mange finurligheder så er der trods alt kun struktur. Har vi en gang sat Legoklodserne i deres rigtige position, så bliver de siddende og er med til at skabe den færdige Legobil. Klodserne skifter ikke hele tiden position og sætter sig nye steder. Legobilen er ikke flydende.

Det er derfor, det er så sjovt at studere vand og især flydende vand. Ikke nok med at vand er et meget vigtigt, måske det vigtigste stof, vi kender, det er også fantastisk, forunderligt og usædvanligt, fordi dets egenskaber ikke passer med den måde, vi normalt beskriver andre stoffer på. De er enten faste eller flydende. Vand er både struktur og bevægelse, og det kan skifte mellem forskellige strukturer på ubegribelig kort tid.