

Indimellem kan man se tøj, der hænger til tørre udendørs midt om vinteren – måske oven i købet i frostvejr. Bliver det virkelig tørt under sådanne betingelser? Hvad foregår der egentlig, når tøj tørrer? Og hvordan kan man frysetørre kaffe og mad? Svarene på disse spørgsmål tager udgangspunkt i den samme fysik – nemlig vands tilstandsformer og overgangene imellem disse.



Kan man tørre tøj i frostvejr?

Hvad sker der, når tøj tørrer?

Hvis I kigger på et vådt håndklæde gennem et kraftigt mikroskop, vil I se, at en mængde vand er løst bundet til tøjets fibre – altså det materiale, der udgør selve tøjet. Her sidder vandet som bittesmå dråber holdt fast af nogle ret svage elektriske kræfter – lidt som når vi kan få en ballon til at sidde på væggen ved først at gnide den mod trøjen. Efterhånden som håndklædet tørrer, forsvinder de små dråber vand fra tøjets fibre. Vandet forsvinder fra håndklædet og ud i luften som vanddamp – det fordamper. Vandmolekylerne er nu ikke længere samlet i små vanddråber, men svæver frit imellem hinanden som vanddamp. Vanddamp er ikke synlig for det menneskelige øje, og derfor ser det ud til, at vandet forsvinder. I virkeligheden har vandet blot skiftet fra én tilstandsform til en anden, nemlig fra væske til gas. En tilstandsform kaldes også en fase. Fordampning er et eksempel på en faseovergang, hvilket vil sige, at det samme stof skifter fra én tilstand til en anden.

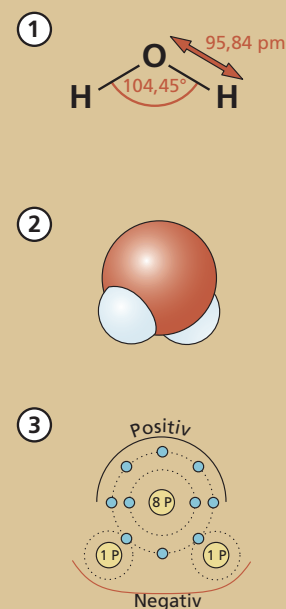
Is, vand og damp

Vi kender alle til vands tre tilstandsformer: is, vand og damp. Vi er heller ikke i tvivl om, at de opleves meget forskelligt. Isen er så fast, at vi kan løbe på skøjter på den. Vandet derimod er flydende, og vi kan svømme i det.

Dampen er en gas, som ikke kan ses, men som vi kan mærke, når der er meget af den, fordi der så nemt dannes vanddråber – tænk blot på tåge eller dug på kolde genstande. Hvis vi vil forstå, hvorfor vand – eller bedre: stoffet H_2O – kan opføre sig så forskelligt, må vi gøre os forestillinger om, hvordan de enkelte molekyler hænger sammen. Da et enkelt H_2O -molekyle er 10 millioner gange mindre end en millimeter, altså 10^{-10} m, kan vi ikke observere det direkte. Vi må lave en mikroskopisk model, som så kan testes gennem diverse eksperimenter.

Ved en model forstår vi i denne sammenhæng en forenkling af virkeligheden, så det væsentlige er medtaget, men meget overflødigt udeladt. Det er naturligvis en kunst at finde frem til, hvad der er væsentligt, og hvad der er overflødigt i en given situation. Man veksler ofte mellem forskellige modeller, som hver har deres styrke. Fælles for dem alle er, at de hver især kun beskriver en lille del af virkeligheden. Ingen af dem er altså fyldestgørende i sig selv. På figur 1.22 er vist tre eksempler.

Tilstandsformer
Faseovergange



Figur 1.22 Tre forskellige eksempler på fysiske modeller af et H_2O -molekyle. Øverst er vist både afstand og vinkel mellem de tre atomer, som indgår, nemlig to hydrogenatomer og et oxygenatom. I modellen i midten er blot vist, at de tre atomer sidder sammen i et molekyle, mens modellen nederst fortæller, hvordan positive og negative ladninger er fordelt i molekylet.

De tre tilstandsformer på molekylær skala

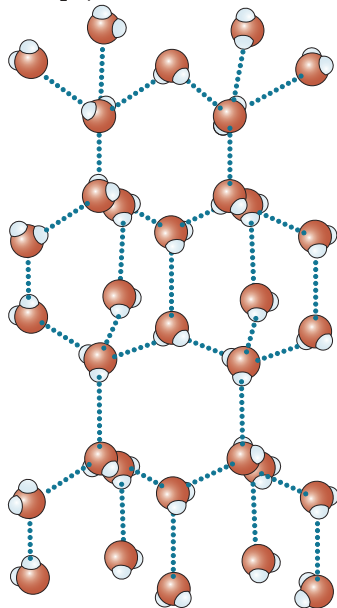
Ved at benytte den midterste af ovenstående modeller for H_2O -molekylet vil vi beskrive en molekylær model for de tre tilstandsformer samt overgangene imellem disse.

Fast form: is

På fast form har H_2O både et veldefineret rumfang og form. En isterning forbliver en isterning, hvis den ligger i fryseren. Det skyldes, at H_2O -molekylerne ligger i et regelmæssigt mønster – et såkaldt gitter. Elektriske kræfter mellem molekylerne holder dem på plads i forhold til hinanden. Molekylerne vibrerer, men forbliver på deres faste pladser i gitteret. Man kan tænke på det som et system af kugler forbundet med stærke fjedre.

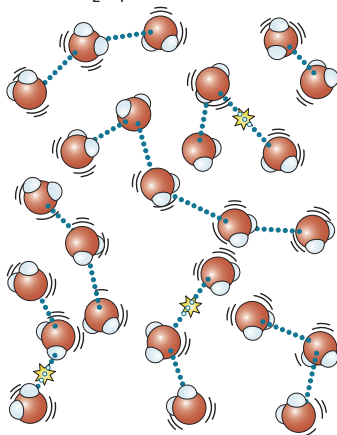
Når temperaturen stiger, bliver vibrationerne større. Ved en bestemt temperatur er vibrationerne så voldsomme, at de elektriske kræfter mellem molekylerne ikke længere kan fastholde dem på deres pladser i gitteret, så det faste stof smelter og bliver til væske. Den pågældende temperatur kaldes for stoffets smeltepunkt. Modsat siges en væske at størkne, hvis temperaturen i den sænkes, så molekylerne igen finder deres pladser i gitteret.

Is er H_2O på fast form



Figur 1.23 En model af, hvordan molekylerne sidder i gitteret i is.

Vand er H_2O på væskeform



Figur 1.24 En model for vand på væskeform. Bindinger, som brydes, er vist som gule stjerner.

Væskeform: vand

H_2O på væskeform har et bestemt rumfang, men ikke en bestemt form. 1,0 kg rent vand fylder 1,0 L og tilpasser sig formen af beholderen. Væskemolekylerne glider rundt imellem hinanden, men molekylerne påvirker hele tiden hinanden med elektriske kræfter, så de ikke slipper væk. Det skyldes, at væskemolekylerne ligger meget tæt på hinanden. Der opstår således hele tiden nye bindinger, mens andre brydes.

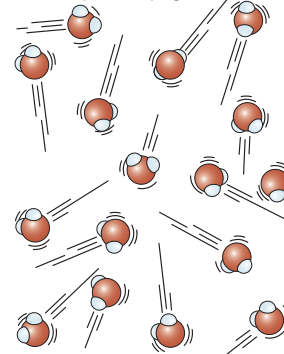
Med stigende temperatur bevæger molekylerne sig hurtigere rundt mellem hinanden. Nogle af molekylerne i vandoverfladen får kinetisk energi nok til at undslippe den elektriske tiltrækning fra de andre vandmolekyler. De fordampes og overgår til gasform, altså til vanddamp. Hvis temperaturen når vands kogepunkt, sker der fordampning overalt

i væsken og ikke kun fra overfladen. Når bobler stiger op mod overfladen fra overalt i væsken, siger man, at vandet koger.

Gasform: vanddamp

H_2O på gasform udfylder fuldstændigt det rum, det har til sin rådighed. H_2O på gasform ved atmosfærisk tryk fylder meget mere end den samme mængde H_2O på væskeform,

Vanddamp er H_2O på gasform



Figur 1.25 Modeltegning af H_2O på gasform, vanddamp.

altså som vand. Der er stor afstand mellem de enkelte molekyler, og da de elektriske tiltrækningskræfter mellem vandmolekylerne kun har en kort rækkevidde, påvirker molekylerne kun hinanden, når de støder direkte ind i hinanden. I en vis forstand kan man opfatte vandmolekylerne som en mængde billardkugler, der drøner rundt mellem hinanden og konstant støder sammen – og de bevæger sig hurtigt! I en gas bevæger molekylerne sig typisk med omkring $2000 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. I praksis kommer molekylerne dog meget langsommere frem, da de hele tiden støder ind i hinanden. I en gas bevæger de enkelte molekyler sig kun nogle få nanometer, inden de – igen – støder ind i et nabomolekyle og ændrer retning.

H_2O på gasform kan vende tilbage til væsketilstanden. Hvis vandmolekylerne ved afkøling mister kinetisk energi, vil de ved sammenstød med væsken blive hængende fast i væsken og optages af den. Vi siger, at gassen fortættes til væske.