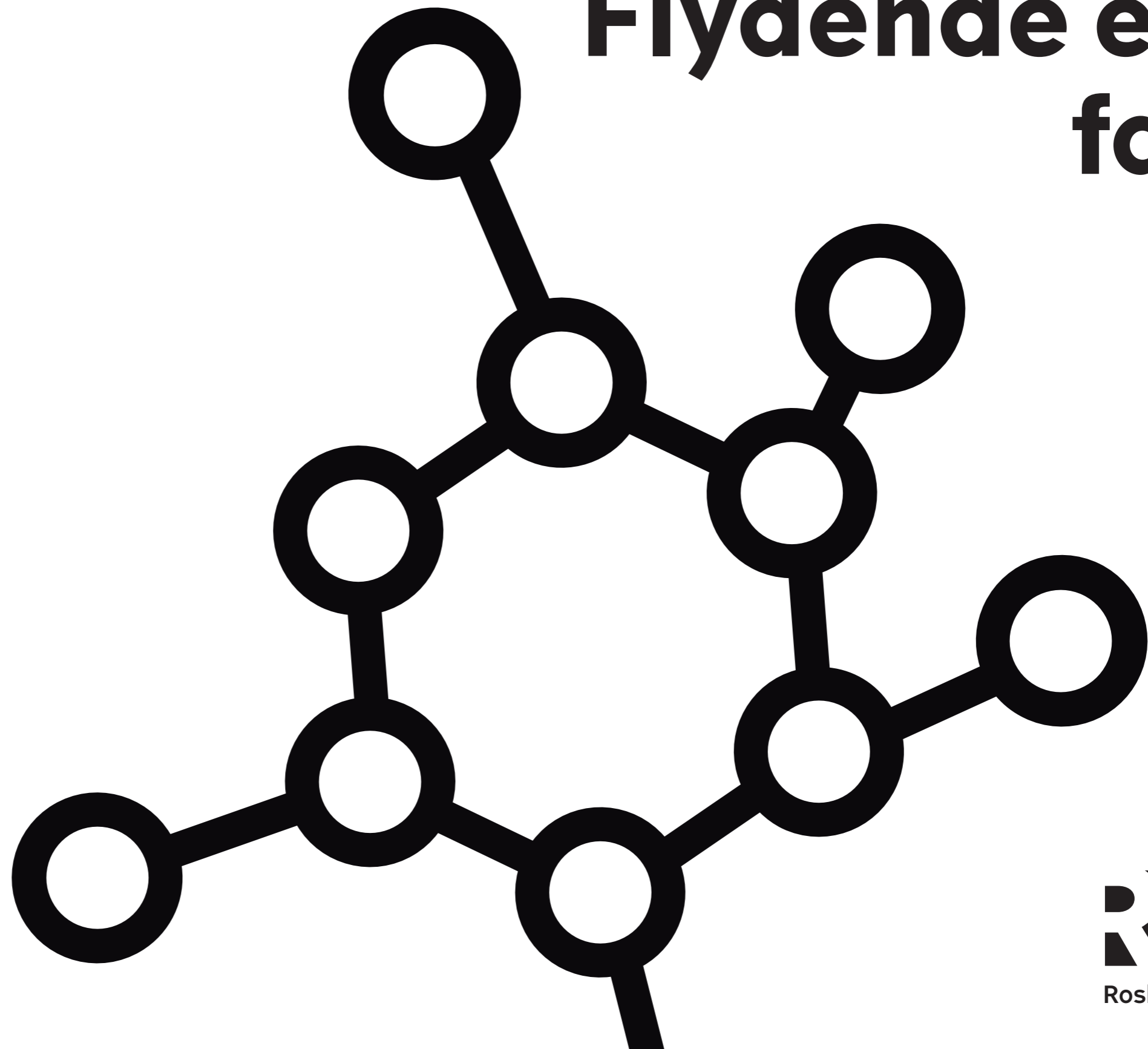


Tilstandsformer: Flydende eller fast?



FYSIK

UNDERVISNINGSPAKKE

Tilstandsformer: Flydende eller fast?

Undervisningspakken giver et indblik i fysikforskningens metoder; arbejdet med modeller i forhold til virkeligheden, og hvordan man med en simpel model og nogle simple antagelser kan drage vigtige pointer. Vi arbejder med tilstandsformer, faseovergange og varmekapacitet på data direkte fra forskernes laboratorier.

Materialet er udviklet i samarbejde mellem forskere fra RUC og lærere fra STX og HTX således, at det er den nyeste forskning, der ligger til grund - og så det passer ind i læreplanen for fysik.

Undervisningspakkens indhold:	
FILM:	Flydende eller fast?
ARTIKEL:	Flydende eller fast?
OPGAVESÆT:	Bestem varmekapacitet og smeltevarme med data fra eksperiment og simulation
APPENDIX:	Den videnskabelige metode i fysikforskning
PODCAST:	Pitch drop eksperimentet
SRP/SOP-ØVELSE PÅ RUC:	Termaliserings kalorimetri
WORKSHOP PÅ RUC:	Simple modellers rolle i fysikken
OPLÆG - FORSKEREN FORTÆLLER:	De 3 tilstandsformer
KARRIEREPROFIL:	Ditte Gundermann, kandidat i Fysik fra RUC

Der arbejdes med følgende emner i pakken:

- Tilstandsformer
- Varmekapacitet
- Faser og faseovergange
- Energiforhold ved temperatur- og faseændringer
- Smeltevarme
- Lennard-Jones modellen
- Simulering/forsøg og databehandling
- Model/virkelighed
- Den videnskabelige metode
- Videnskabsteori

Download undervisningspakken

www.ruc.dk/undervisningspakke-til-standsformer

Tilmelding og afholdelse

Informationer om tilmelding kan ses under de enkelte elementer. Har du yderligere spørgsmål kan du henvende dig til projektkoordinator Dorthe Vedel på vedel@ruc.dk

Find flere tilbud

og se alle undervisningspakkerne fra Roskilde Universitet på www.ruc.dk/gym



Sådan bruger du materialet:

Gymnasiepakken er udarbejdet til gymnasieskolen og kan frit downloades på www.ruc.dk/undervisningspakke-tilstandsformer. Artikel, film og opgavesæt bruges med fordel i sammenhæng og er oplagt til brug i problemorienteret projektlæring og tværfaglige forløb.

Film

Filmen er 7 minutter lang og oplagt som central indføring til at arbejde med materialet. Filmen følger arbejdet med at undersøge samspillet mellem simuleringer og fysiske eksperimenter. Den giver desuden indblik i forskernes verden og er med til at give et fagligt grundlag til opgaveløsningen.

Artikel

Skrevet af RUC-forskere til brug i gymnasieskolen. Skrevet i et format, så den kan bruges som lektie og til uddybende spørgsmål.

Opgavesæt

Opgavesættet løses bedst, når man har set filmen og læst artiklen. I opgaverne arbejdes der med data fra laboratoriet og med data fra elevernes egne simulationer. Det giver eleverne mulighed for at arbejde med både eksperiment, teori og forsøg - samt drage sammenligninger mellem resultaterne.

Appendix

Supplerende artikel, som giver jer mulighed for at arbejde videnskabssteoretisk i fysik og med valg af videnskabelige metode. Vi beskriver fysikkens treenighed: model-teori-eksperiment, og sammenholdt med opgaverne, filmen og artiklen, giver det jer mulighed for at drøfte spørgsmål som: Hvornår har man opnået et tilfredsstillende resultat? Hvornår er noget forkert? Hvor præcist er eksperimentet egentlig? Hvad er det simuleringen kan, som eksperimentet ikke kan? Hvad er det eksperimentet kan, som simuleringen ikke kan?

Podcast

På underholdende vis giver podcasten et kort historisk indblik i materialeforskning og forskernes tålmodige arbejde. Podcasten kan bruges som supplement og sjovt indspark til emnet.

SRP/SOP-øvelse på RUC

Vi giver en lille gruppe elever mulighed for at komme på RUC og lave forsøg sammen med vores forskere til brug i deres SRP/SOP projekt.

Workshop på RUC

Efter at have arbejdet med undervisningspakken "Tilstandsformer: Flydende eller fast?" har I klassevis mulighed for at besøge RUC og afslutte forløbet med en workshop sammen med forskerne på RUC. I får lov til at lave simuleringer og arbejde på den supercomputer, forskerne bruger til tunge beregninger. Gennem workshoppen opnås en forståelse af faseovergange visualiseret på et atomart plan.

Oplæg - forskeren fortæller

Ved Nat-dag på RUC kan I klassevis tilmelde jer oplægget: "De 3 tilstandsformer" og høre forskeren fortælle om forskningen i tilstandsformer. Oplægget er oplagt som en intro til et forløb om tilstandsformer og faseovergange og giver desuden et indblik i forskernes verden, og hvordan der arbejdes med fysik i virkeligheden.

Karrierelæring

På ruc.dk/karriereprofiler kan I finde en række film og historier om kandidater fra RUC, og om hvordan de har brugt deres uddannelse i deres arbejdsliv. Vi følger bl.a. Ditte Gundermann, som bruger materialefysik i sit arbejde med at udvikle skibsmaling - og Rasmus Godiksen, som laver matematiske modelleringer og risikoanalyser i en bank. Begge er uddannet på RUC med fysik som det ene fag.

Besøg RUC

Ved besøg på Roskilde Universitet har I mulighed for at møde studerende, få rundvisning på campus og laboratorier samt høre mere om forskningen i fysik. I kan klassevis besøge RUC ved Nat-dag: <http://www.nat-dag.ruc.dk/> og gennem undervisningspakkens Workshop. Desuden har eleverne mulighed for at besøge Roskilde Universitet ved Åbent Hus: <https://ruc.dk/arrangementer/aabent-hus-bachelor>, eller hvis de ønsker at lave SRP/SOP-øvelser på RUC: <https://ruc.dk/srp-sop>

Supplerende materiale

Hvis I vil arbejde yderligere med emnet, kan vi anbefale følgende:

- Artikel: Thermalization calorimetry: A simple method for investigating glass transition and crystallization of supercooled liquids: www.forskning.ruc.dk/da/publications/thermalization-calorimetry-a-simple-method-for-investigating-glas
- Film: Klimaasfalt og rullemodstand <https://youtu.be/XYg-0b0P48WQ?list=PL6E0V0eQGE-UMf4WLvTKQcu4e7c9EqJubu>
- Podcast: NATURLIGVIS - en podcast om naturvidenskab: Væsker der glasser: <http://www.buzzsprout.com/236555/951051-pa-ca-1-minut-hvad-er-asfalt>



Flydende eller fast?

Abstract

2 fysikforskere fra Roskilde Universitet har gennem simulering og eksperiment undersøgt faseovergangen fra is til vand. I deres daglige forskningsarbejde bruger de lignende metoder, når de forsker i glasovergangen.

Filmen er 7 minutter lang og oplagt som central indføring til at arbejde med materialet. Filmen følger arbejdet med at undersøge samspillet mellem simuleringer og fysiske eksperimenter. Den giver desuden indblik i forskernes verden og er med til at give et fagligt grundlag til opgaveløsningen.

www.ruc.dk/undervisningspakke-tilstandsformer



Udarbejdet af:



Ulf Rørbæk Pedersen
Lektor i fysik
Roskilde Universitet

Bruger computerbaserede modeller til at udvikle og teste teorier for materialers egenskaber.



Tina Hecksher
Lektor i fysik
Roskilde Universitet

Måler - og udvikler eksperimentelle metoder til måling af frekvensafhængige mekaniske, termiske og elektriske egenskaber af underafkølede væsker tæt på glasovergangen.

Filmen er udarbejdet af firmaet Undervisningsfysik v. Søren Storm.

Filmen er en del af RUC's undervisningspakke: "Tilstandsformer: Flydende eller fast?", som findes på www.ruc.dk/undervisningspakke-tilstandsformer

Pakken består af en faglig film, en artikel, et opgavesæt, et appendix, en podcast, en SRP/SOP-øvelse, en workshop, et oplæg og en karriereprofil.

Kig



Lyt



Åbent Hus



Uddannelse



Karriere



Flydende eller fast?

Om et stof er fast eller flydende lyder umiddelbart som et fjollet spørgsmål: En væske flyder, mens en krystal er fast. Men faktisk er der tilfælde, hvor spørgsmålet ikke er så nemt at svare på.

Faser og faseovergange

Vi har alle stiftet bekendtskab med vands tre faser: Damp, væske og is. De fleste ved også, at overgangene mellem faserne sker ved bestemte temperaturer. Vand fryser ved 0°C (273 K) og koger ved 100°C (373 K). Dette gælder dog ikke altid. Eksempelvis er faseovergangstemperaturerne afhængige af trykket. Ved havoverfladen er trykket nogenlunde konstant omkring 1 atmosfære, men på toppen af Mount Everest er trykket kun 1/3 af dette, og vand koger der ved en meget lavere temperatur, nemlig ca. 71°C.

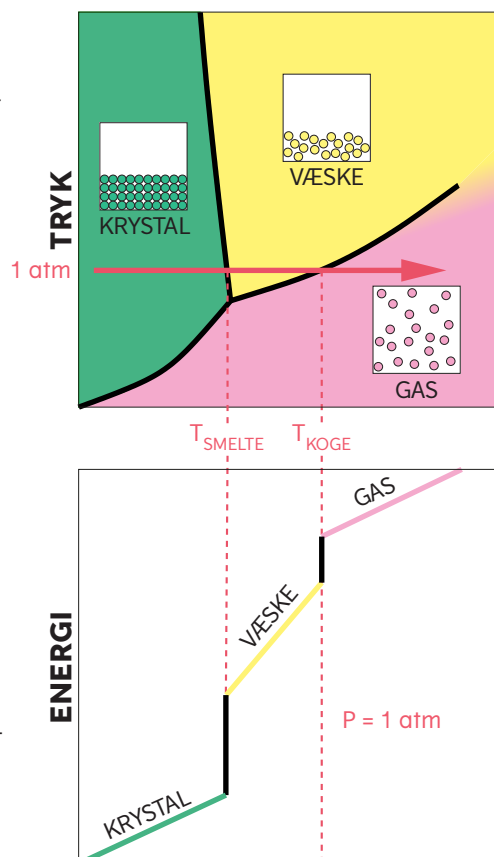
Fasediagrammet til højre skitserer, hvordan forskellige faser og faseovergange ændres med trykket og temperaturen. Krystallen findes primært ved lave temperaturer og høje tryk, mens gassen omvendt findes ved høje temperaturer og lave tryk. Områderne for de forskellige faser er adskilt af tre sorte linjer, der markerer overgangen mellem to faser. I diagrammet er der også et punkt, hvor de tre linjer mødes, det kaldes trippelpunktet.

I det punkt er alle tre faser i ligevægt med hinanden, og man kan således opleve flydende vand, der koger med iskrystaller på toppen! Det er dog ikke noget, vi oplever i dagligdagen, da det foregår ved ret lavt tryk, ca. 0.6% af det atmosfæriske tryk.

Den vandrette røde linje i fasediagrammet, repræsenterer et eksperiment, hvor en kold isklump varmes og går fra is til væske og ender med at blive til damp (dvs. vand på gasform). Linjen er vandret, fordi trykket ikke ændrer sig. Man kalder det for en isobar. At trykket er uændret er typisk for et eksperiment i åbne beholdere, hvor trykket er ca. 1 atm som i omgivelserne. Den første sorte linje, der krydses, angiver smeltepunktet for is, mens den anden sorte linje angiver kogepunktet for vand.

På figuren under fasediagrammet, ses stoffets energi som funktion af temperaturen under opvarmningen. De to lodrette stykker angiver her faseovergangene fra krystal til væske, og fra væske til gas.

Under en faseovergang, tilføres energi i form af varme, uden at temperaturen stiger. Derfor er temperaturen konstant under faseovergangen. Den varmemængde der skal tilføres for at smelte krystallen eller fordampe væsken, kaldes smeltevarme.



Kvalitativt fasediagram for vand samt opvarmingskurve ved atmosfærisk tryk. De små kasser i fasediagrammet skal illustrere strukturen af den givne fase.

Udarbejdet af:



Ulf Rørbæk Pedersen
Lektor i fysik
Roskilde Universitet

Bruger computerbaserede modeller til at udvikle og teste teorier for materialers egenskaber.



Tina Hecksher
Lektor i fysik
Roskilde Universitet

Måler - og udvikler eksperimentelle metoder til måling af frekvensafhængige mekaniske, termiske og elektriske egenskaber af underafkølede væsker tæt på glasovergangen.

- Til denne artikel og om samme emne hører en film, et opgavesæt, et appendix, en podcast, en SRP-SOP-øvelse, en workshop, et oplæg og en karriereprofil. Se www.ruc.dk/undervisningspakke-tilstandsformer
- Læs mere om materialeforskning på Roskilde Universitet på www.ruc.dk/glas-og-tid
- Lær mere om dine karrieremuligheder inden for fysik ved at se filmen om Ditte Gundermann, en kandidat fra RUC, som arbejder med materialefysik i virkeligheden. Se www.ruc.dk/karriereprofiler



Hvorfor har stoffer forskellige faser?

Faseovergange er bestemt af atomers eller molekylers vekselvirkning. Der er nemlig en svag tiltrækning mellem molekyler, når de er tæt på hinanden. Den svage tiltrækning kan ignoreres, hvis atomerne bevæger sig forbi hinanden med høj fart, som de har, hvis temperaturen er høj. Sænker man temperaturen, vil atomerne i gennemsnit bevæge sig langsommere, og da bliver tiltrækningen fra de andre molekyler relevant. Hvis temperaturen er lav nok, bliver de "fanget ind" af de øvrige molekylers tiltrækningskraft og klumper sammen. I væskefasen har molekylerne stadig energi nok til at bevæge sig rundt mellem hinanden, mens de i krystalfasen låses fast af hinanden i et krystalgitter.

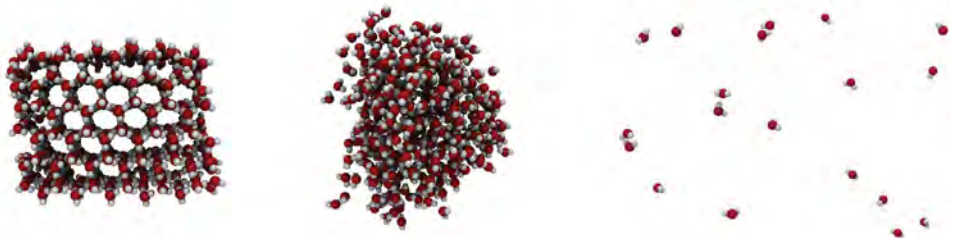
Hvad bestemmer atomernes vekselvirkning?

Atomer består som bekendt af en positivt ladet kerne med kredsende negative elektroner omkring. Hvis man er langt væk fra et atom, vil det se neutralt ud; der er altså ingen samlet elektrisk ladning af atomet, hverken positiv eller negativ. I en gas er atomerne langt fra hinanden og "mærker" af den grund ikke hinanden. Det kalder man også for idealgas approksimationen.

Den svage tiltrækning mellem atomer, har noget med ladningsfordelingen i atomer at gøre. Den positive ladning er koncentreret på et meget lille sted, mens elektronerne er fordelt over et større volumen, elektronskyen. Derfor ophæver den positive og den negative ladning ikke helt hinanden tæt på et atom, og der opstår en svag (dipol-dipol) tiltrækning mellem atomer i nærheden af hinanden.

Hvis atomerne kommer alt for tæt på hinanden, altså støder sammen, frastødes de kraftigt af hinandens elektronskyer. Så på helt korte afstande, svarende til atomets radius, overlapper atomerne derfor ikke. På den måde afgør frastødningen, hvor tæt atomerne kan pakke sammen og dermed det samlede volumen af fasen.

Computersimulation af vandmolekyler i de tre faser: Krystal (is), væske (vand) og gas (damp). Simuleret med RUMD (Roskilde University Molecular Dynamics), der kan hentes frit fra www.rumd.org



En simpel model: Lennard-Jones

Lennard-Jones modellen er en simpel model for kræfterne mellem molekyler eller atomer. Kraften mellem to atomer eller molekyler i denne model er vist på figuren nedenfor.

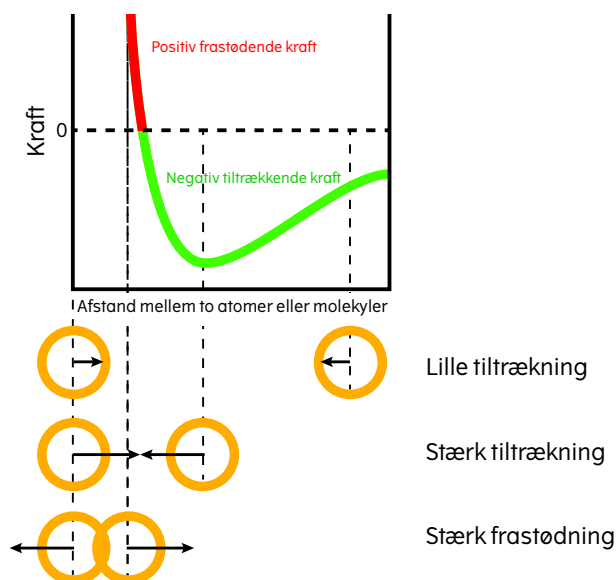
Ved korte afstande er kraften stærkt frastødende (positiv), mens den på længere afstande er tiltrækkende (negativ) og nærmer sig 0 for meget store afstande i forhold til partiklens størrelse. Er temperaturen og dermed den kinetiske energi lav nok, vil partiklerne typisk lægge sig i afstande tæt på der, hvor kraften er nul.

Lennard-Jones modellen bruges meget ofte i computersimuleringer som model for molekyler eller atomer, og det er også Lennard-Jones partikler, der optræder i simuleringen på www.urp.dk/heat.

Den matematiske funktion til beskrivelse af kraften mellem to Lennard-Jones partikler er en sum af to potensfunktioner:

$$F(r) = Ar^{-13} - Br^{-7}$$

hvor r er afstanden mellem to partikler, mens A og B er parametre, der har værdi, alt efter om man ønsker at modellere fx vandmolekyler eller argonatomer.



Kraft mellem to partikler i Lennard-Jones modellen.



Den fjerde tilstandsform

Oftentimes er materialers opførsel mere kompliceret end fase-diagrammet på side 1 viser. Fx findes der for vand 16 forskellige former for krystaller, der opstår ved forskellige tryk meget højere end 1 atmosfære.

Men heller ikke faseovergangene er så simple, som man kunne tro. Før en væske kan krystallisere (fryse) skal et eller flere såkaldte krystal-kim, der er meget små krystaller, gro til store krystaller. Men det tager tid at gro en krystal, og derfor kan man opleve, at stoffer er kølet under deres smeltepunkt uden, at de når at krystallisere. Man siger, at de er underafkølede.

For stort set alle stoffer kan man faktisk køle væsken langt ned under frysepunktet, uden at væsken krystalliserer. Man kalder det for en underafkølet væske. Fx er det meste vand i universet på ikke-krystallinsk form, på trods af at temperaturen er langt under frysepunktet for vand. Forklaringen er, at når temperaturen bliver lav, flyder væsken langsommere - den bliver sej. Molekylerne bliver så langsomme, at de ikke har tid til at finde ind i en ordnet krystalstruktur. Hvis man bliver ved med at køle væsken, vil den til sidst størkne og blive til en glas. En glas er makroskopisk set et fast stof, så det er hårdt og flyder ikke, men mikroskopisk er strukturen uordnet til forskel fra den ordnede struktur, der kendetegner krystaller.

Og her er vi tilbage til spørgsmålet, om stoffet er fast eller flydende, for svaret viser sig at afhænge af, hvor længe vi kigger. Til korte tider ligner den underkølede væske til forveksling et fast stof, mens det til lange tider vil flyde.

Da stort set alle stoffer kan blive til en glas, kan man sige, at glas er en tilstandsform og ikke kun et materiale vi bruger til vinduer og flasker. Vinduesglas er en glas, men det er det meste plastic også. Bolsjer er sukker på glasform, og lava er sejflydende stenmasse - og kan størkne til obsidian, en glas af sten.

Du kan læse Fysik på Roskilde Universitet

Sådan er studiet

På Roskilde Universitet er [Fysik](#) og [Physics](#) en del af den [Naturvidenskabelige Bachelor](#). Det første år bliver du trænet i centrale naturvidenskabelige teorier, metoder og modeller på højeste niveau. På andet og tredje år specialiserer du dig i to fag. Det giver dig et stærkt fundament og gør dig til en dygtig fysiker, der samtidig kan tænke på tværs af de naturvidenskabelige fag.

Fysik eller Physics kan læses i kombination med ét af flg. fag:

Fysik

- Environmental Biology
- Filosofi og Videnskabsteori
- Kemi

Se mere om kombinationsmulighederne på ruc.dk/bachelor/fysik

Physics

- Chemistry
- Computer Science
- Datalogi
- Mathematics
- Molecular Biology

Se mere om kombinationsmulighederne på: ruc.dk/bachelor/physics

På kandidatuddannelsen kan du læse [Physics and Scientific Modelling](#).

Sådan er din hverdag

Fra start til slut i studiet er du tæt på forskerne. Gennem dine projekt- og kursusvalg arbejder du videnskabeligt og kan være med til at skabe innovative løsninger på virkelighedens problemer. Dit projektarbejde kan måske indgå som en del af et større forskningsprojekt, eller du kan samarbejde med eksterne virksomheder og organisationer, hvis du har lyst til det.

På hvert semester arbejder du halvdelen af tiden med kurser inden for det naturvidenskabelige område. Nogle kurser er obligatoriske og giver dig den nødvendige faglige ballast. Men der er også kurser, du selv vælger efter interesse. Den anden halvdel af tiden arbejder du med et projekt.

Projektarbejdsformen skærper din evne til at analysere og samarbejde, og du kan samtidig fordybe dig i det, du finder fagligt interessant. Karrieremæssigt lærer du således at mestre en række af de færdigheder, erhvervslivet efterspørger allermost; enden til at projektlede, samarbejde, kommunikere, nytænke og løse komplekse problemer.

Kig



Lyt



Åbent Hus



Uddannelse

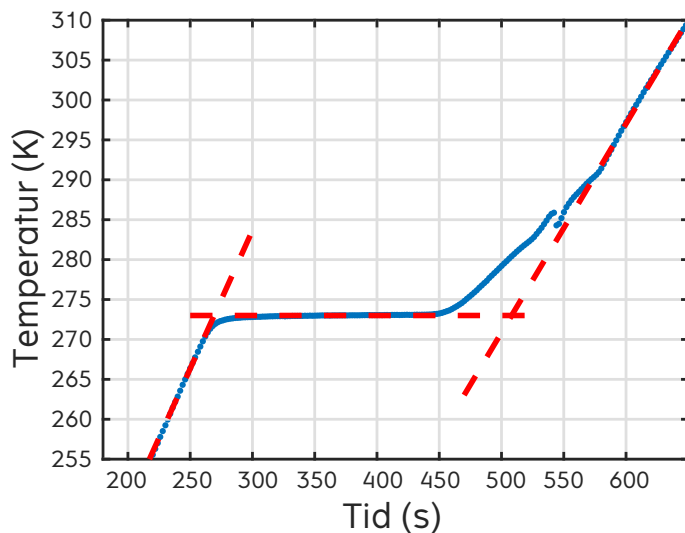


Karriere



Bestem varmekapacitet og smeltevarme med data fra eksperiment og simulation

I eksperimentet i videoen frøs Tina en lille mængde vand (1 g) ved at sænke målebægeret ned i flydende nitrogen (temperatur: 77 K). Dernæst blev bægeret sat i en flamingokasse og opvarmningen blev startet. Kurven nedenfor viser prøvens temperatur som funktion af tiden.



Oplyste størrelser

$m_{\text{vand}} = 1 \text{ g}$, $m_{\text{kop}} = 1 \text{ g}$, $m_{\text{prop}} = 1,7 \text{ g}$, $c_{\text{kop}} = 0,91 \text{ J/gK}$, $c_{\text{prop}} = 1,5 \text{ J/gK}$, $P_{\text{varmetrød}} = 1,85 \text{ W}$.

- Aflæs faseovergangstemperaturen på opvarmningskurven. Hvordan passer den aflæste temperatur med tabelværdien for vand?
- Beregn ud fra kurven og effekten af varmetrøden, hvor meget varmeenergi (målt i J) der er tilført is + holder for at få temperaturen til at stige fra 260 K til 270 K.
- Det er kun en del af den tilførte varme, der optages af isen. Hvor meget er det?
- Beregn varmekapaciteten for is fra eksperimentet.
- Beregn varmekapaciteten for vand fra eksperimentet (brug data over 290 K).
- Beregn smeltevarmen for isen i eksperimentet.
- Vurder usikkerheden på dine estimater for varmekapaciteter og smeltevarme fx ved at vælge nogle andre intervaller at bestemme varmekapaciteten for is i. Hvor mange betydende cifre kan vi bestemme varmekapaciteten for is og vand med i dette eksperiment? Hvor godt stemmer resultaterne overens med tabelværdier?

Udarbejdet af:



Ulf Rørbæk Pedersen
Lektor i fysik
Roskilde Universitet

Bruger computerbaserede modeller til at udvikle og teste teorier for materialers egenskaber.



Tina Hecksher
Lektor i fysik
Roskilde Universitet

Måler - og udvikler eksperimentelle metoder til måling af frekvensafhængige mekaniske, termiske og elektriske egenskaber af underafkølede væsker tæt på glasovergangen.

- Dette opgavesæt løses bedst, når du har læst artiklen "Flydende eller fast?" og set filmen af samme navn. Begge findes på www.ruc.dk/undervisningspakke-tilstandsformer
- Læs mere om materialeforskning på Roskilde Universitet på www.ruc.dk/glas-og-tid
- Lær mere om dine karrieremuligheder inden for fysik ved at se filmen om Ditte Gundermann, kandidat fra RUC, som arbejder med materialefysik i virkeligheden. Se www.ruc.dk/karriereprofiler



EKSTRA OPGAVE TIL EKSPERIMENTET:

Ved udførelsen af eksperimentet sås en uventet opførsel mellem 273 og 277 K, og gentagne målinger viste stort set samme opførsel: Temperaturen flader ud igen efter faseovergangen ved 276-277 K (området i den stiplede cirkel på figuren).

Hvad kan forklare denne opførsel?

(Tip: Termoføleren sidder inde i prøven som vist på figuren, og vi målte forskellige temperaturforløb afængigt af termofølerens højde i prøven. Den orange og røde linje er således målt i samme højde, og den blå i en anden højde i prøven).

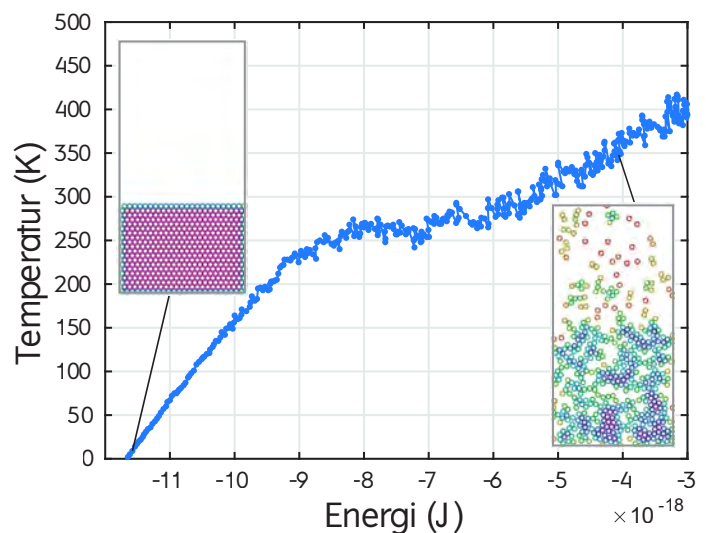
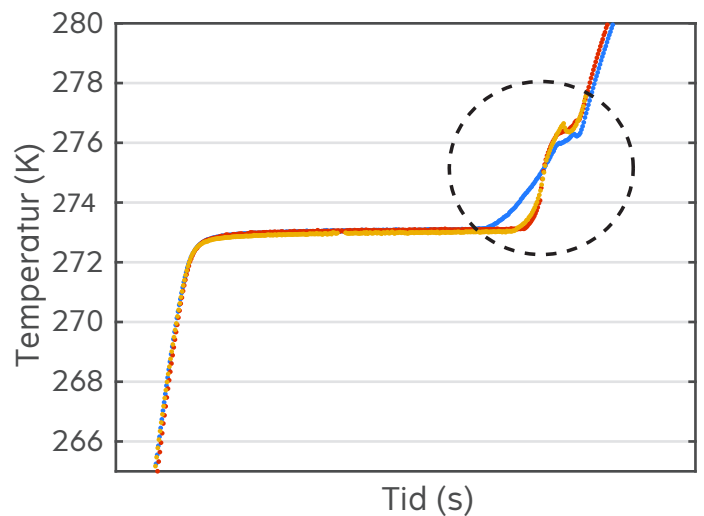
Simulationen

Nu skal du selv i gang med at simulere vandmolekyler med en simpel Lennard-Jones model.

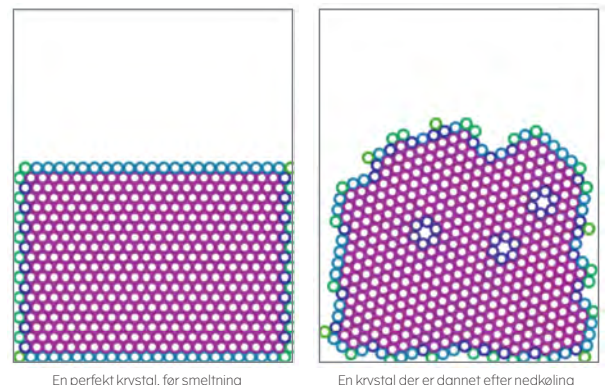
Lav en simuleret opvarmningskurve (gå til www.urp.dk/heat) af den simple LJ-model. Når temperaturen når 400 K, tryk "stop" og download data. Tryk IKKE "clear".

Plot af temperaturen som funktion af den indre energi og aflæs smeltetemperaturen.

1. Bestem smeltevarmen for krystallen.
2. Beregn varmekapaciteterne (krystal og væske) for hele systemet ud fra simuleringsdata.
3. Omregn til varmekapacitet pr. gram, hvis hver partikel i simuleringen er et vandmolekyle.
4. Hvor godt stemmer modellen overens med de eksperimentelle data? (Der forskes aktivt i modeller for vand - det er meget svært at få alting til at passe!).
5. Lav dernæst en kølekurve ved at sætte "Heat bath temperature" helt i bund og start simuleringen igen. Når temperaturen er omkring 5 K, stop igen og download data.
6. Beregn varmekapaciteter og smeltevarme ud fra kølekurven. Sammenlign med resultaterne fra opvarmningskurven.
7. Er den nye krystal fra kølesimuleringen "perfekt"? (Altså som start konfigurationen i simuleringen?) Hvorfor/hvorfor ikke? Hvad er energien af den kølede krystal sammenlignet med den "perfekte" krystal?
8. Hvad karakteriserer krystalfasen i forhold til væskefasen?



Kurven viser en opvarmningskurve fra simuleringsapp'en samt hvordan konfigurationen af partiklerne tager sig ud ved 0 K og ved 350 K. Antal partikler i simuleringen: 480.



Du kan læse Fysik på Roskilde Universitet

Sådan er studiet

På Roskilde Universitet er [Fysik](#) og [Physics](#) en del af den [Naturvidenskabelige Bachelor](#). Det første år bliver du trænet i centrale naturvidenskabelige teorier, metoder og modeller på højeste niveau. På andet og tredje år specialiserer du dig i to fag. Det giver dig et stærkt fundament og gør dig til en dygtig fysiker, der samtidig kan tænke på tværs af de naturvidenskabelige fag.

Fysik eller Physics kan læses i kombination med ét af flg. fag:

Fysik

- Environmental Biology
- Filosofi og Videnskabsteori
- Kemi

Se mere om kombinationsmulighederne på ruc.dk/bachelor/fysik

Physics

- Chemistry
- Computer Science
- Datalogi
- Mathematics
- Molecular Biology

Se mere om kombinationsmulighederne på: ruc.dk/bachelor/physics

På kandidatuddannelsen kan du læse [Physics and Scientific Modelling](#).

Sådan er din hverdag

Fra start til slut i studiet er du tæt på forskerne. Gennem dine projekt- og kursusvalg arbejder du videnskabeligt og kan være med til at skabe innovative løsninger på virkelighedens problemer. Dit projektarbejde kan måske indgå som en del af et større forskningsprojekt, eller du kan samarbejde med eksterne virksomheder og organisationer, hvis du har lyst til det.

På hvert semester arbejder du halvdelen af tiden med kurser inden for det naturvidenskabelige område. Nogle kurser er obligatoriske og giver dig den nødvendige faglige ballast. Men der er også kurser, du selv vælger efter interesse. Den anden halvdel af tiden arbejder du med et projekt.

Projektarbejdsformen skærper din evne til at analysere og samarbejde, og du kan samtidig fordybe dig i det, du finder fagligt interessant. Karrieremæssigt lærer du således at mestre en række af de færdigheder, erhvervslivet efterspørger allermost; evnen til at projektlede, samarbejde, kommunikere, nytænke og løse komplekse problemer.

Kig



Lyt



Åbent Hus



Uddannelse



Karriere



Den videnskabelige metode i fysikforskning

På RUC er vi en gruppe af eksperimentalfysikere og teoretikere, der arbejder sammen om at prøve at forstå væsketilstanden - især den underafkølede.

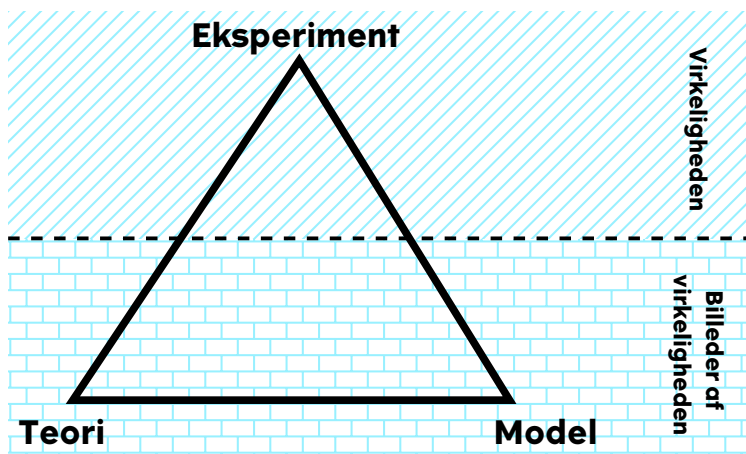
Den videnskabelige metode i fysikforskning

På Roskilde Universitet er vi en gruppe af eksperimentalfysikere og teoretikere, der arbejder sammen om at prøve at forstå væsketilstanden - især den underafkølede. Det er en stor fordel at have både eksperimentelle og teoretiske aktiviteter tæt på hinanden, da det meste forskning i fysik netop er en vekselvirkning mellem eksperiment og teori. Man kan endda tale om fysikkens treenighed: model-teori-eksperiment, som illustreret nedenfor. Disse tre vekselvirker og driver forskningen fremad.

De fleste ved, hvad et eksperiment er, men hvad præcis mener vi med model og teori?

Hvad er en model?

Modeller er repræsentationer af dele af virkeligheden og bruges til at forstå eller afprøve bestemte forhold af virkeligheden. I fysik er en model ofte en matematisk model, fx. Lennard-Jones modellen for partikel-interaktion. Den matematiske model kan man putte ind i computeren og simulere under bestemte betingelser og dernæst sammenligne med eksperimenter. Men selvom Lennard-Jones modellen beskriver frastødning mellem molekyler på korte afstande og tiltrækning ved længere afstande, indeholder den fx ingen information om antallet af protoner og elektroner. I modellen antager vi, at netop vekselvirkningen er det afgørende for faseopførslen, som vi ønsker at modellere. En model kan med andre ord siges at være en hypotese om, hvordan vi tror tingene hænger sammen, eller hvad der er det essentielle i en given situation.



Udarbejdet af:



Ulf Rørbæk Pedersen
Lektor i fysik
Roskilde Universitet

Bruger computerbaserede modeller til at udvikle og teste teorier for materials egenskaber.



Tina Hecksher
Lektor i fysik
Roskilde Universitet

Måler - og udvikler eksperimentelle metoder til måling af frekvensafhængige mekaniske, termiske og elektriske egenskaber af underafkølede væsker tæt på glasovergangen.

- Til dette Appendix - og om samme emne - hører en film, en artikel, et opgavesæt og en podcast. Se www.ruc.dk/undervisningspakke-tilstandsformer
- Læs mere om materialeforskning på Roskilde Universitet på www.ruc.dk/glas-og-tid
- Lær mere om dine karrieremuligheder inden for fysik ved at se filmen om Ditte Gundermann, kandidat fra RUC, der arbejder med materialefysik i virkeligheden. Se www.ruc.dk/karriereprofiler
- Hør også podcasten "Hvad er eksperimentalfysik?" fra NATUR-LIGVIS - en podcast om naturvidenskab. Lyt her www.buzzsprout.com/236555/1047332-pa-ca-1-minut-hvad-er-eksperimentalfysik



Hvad er en teori?

En teori i fysik er en samling af fysiske love. Det kunne for eksempel være Newton's love, der er fundamentet for mekanikken. En teori kan ses som en model eller hypotese, der er blevet testet så grundigt gennem eksperimenter, at man tror rigtig meget på dem. Når man tror rigtig meget på en hypotese eller en model, siger man, at man ophæver den til en teori. En teori ER altså ikke virkeligheden, men repræsenterer en idealiseret virkelighed, mens eksperimentet repræsenterer virkeligheden og kan teste, hvor god den idealiserede fremstilling af virkeligheden er.

Fysik kan beskrives matematisk, og man kan derfor matematisk udlede konsekvenser af en model eller en teori og dermed lave forudsigelser, der kan testes eksperimentelt. Det kalder man at arbejde hypotetisk-deduktivt, altså at man kan udlede nye ting ud fra hypoteser.

Hvis eksperimentet ikke er i overensstemmelse med forudsigelsen, siger man at modellen eller teorien er falsificeret. Kan en teori eller model ikke forudsige ting om virkeligheden, er den ikke rigtig videnskab.

Eksperimentet spiller altså en afgørende rolle i fysik som en test af modeller og teorier. Men eksperimenter i fysik er ofte i sig selv idealiserede udgaver af virkeligheden. Vi tager virkeligheden ind i et laboratorium og forsøger at have styr på alle parametre, som fx temperatur, tryk, mængder og renhed. Det er bl.a., fordi et eksperiment ikke er nok: Hvis man ikke kan gentage eksperimentet og få det samme resultat, er det ikke meget værd!

Det meste videnskabelige arbejde - også uden for fysikken - tager udgangspunkt i hypoteser: Man har en forestilling om, hvordan tingene hænger sammen, og så går man ud i virkeligheden og undersøger, om det nu også faktisk er sådan. En anden tilgang til videnskab er den induktive, hvor man indsamler viden og eksempler først, og derefter sætter man sig ned og prøver at finde et system i det data, man har indsamlet. I virkeligheden er det meste forskning nok en mellemting mellem de to metoder: Det er svært at arbejde fuldstændig i blinde uden at have en hypotese til at guide ens undersøgelser, men det er også svært at udvikle en hypotese uden at have nogle erfaringer eller målinger til at generere ideer til hypoteser.

Prøv at tænke over, hvad din forventning til udfaldet er, når du laver en opgave. Hvornår synes du, at du har opnået et tilfredsstillende resultat? Hvornår er noget forkert? Hvor præcist er eksperimentet egentlig? Hvad er det simuleringen kan, som eksperimentet ikke kan? Hvad er det eksperimentet kan, som simuleringen ikke kan?



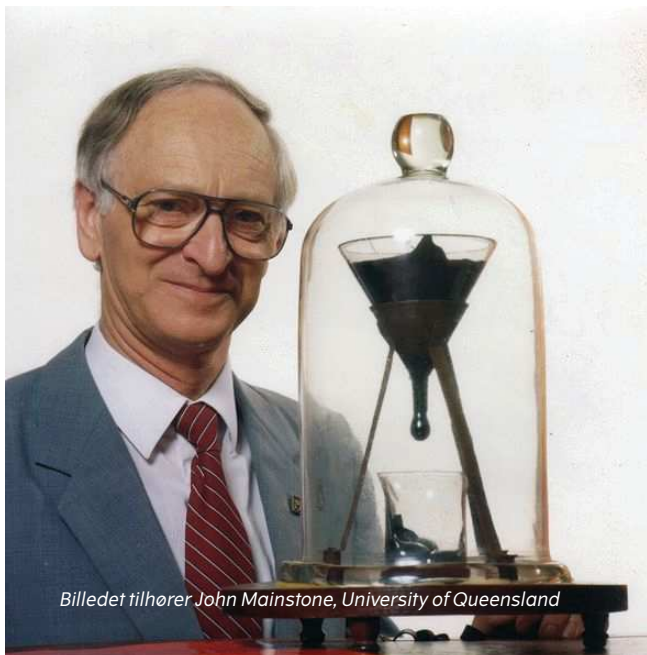
Pitch drop eksperimentet

Abstract

"En dråbelig affære"-podcasten handler om et af verdens længstvarende eksperimenter i fysik, det berømte Pitch drop eksperiment af den uheldige videnskabsmand John Mainstone fra University of Queensland.

På underholdende vis giver den et kort historisk indblik i materialeforskning og forskernes tålmodige arbejde og fortæller historien om en materialeforsker, som lavede et eksperiment med en meget sejtflydende væske, der er mellem 8 og 13 år om at danne en dråbe. Podcasten varer 8 1/2 minut.

Find podcasten her: <https://soundcloud.com/user-74320464/en-drabelig-affaere>



Billedet tilhører John Mainstone, University of Queensland

Udarbejdet af:

Podcasten er udfærdiget af en gruppe studerende fra Kommunikationsuddannelsen på RUC som en del af et bachelorprojekt.

Podcasten er en del af RUC's undervisningspakke: "Tilstandsformer: Flydende eller fast?", som findes på www.ruc.dk/undervisningspakke-tilstandsformer

Pakken består af en faglig film, en artikel, et opgavesæt, et appendix, en podcast, en SRP/SOP-øvelse, en workshop, et oplæg og en karriereprofil.

Hør også podcasten "Hvad er asfalt?" fra NATURLIGVIS - en podcast om naturvidenskab.

<https://podtail.se/podcast/naturlig-vis-en-podcast-om-naturvidenskab/paca-1-minut-hvad-er-asfalt/>

Læs mere om pitch drop eksperimentet på: <https://smp.uq.edu.au/files/109/outreach-pitch-drop-abstract.pdf>

Kig



Lyt



Åbent Hus



Uddannelse



Karriere



Termaliseringskalorimetri

Vi inviterer indenfor i RUC's fysiklaboratorier, hvor du sammen med andre gymnasieelever med interesse for fysik laver eksperimenter, som kan bruges i dit SRP/SOP-projekt. Vores øvelser lægger op til, at du arbejder med din egen faglige vinkel.

Ved hjælp af termisk analyse undersøger vi spørgsmål som: Hvor meget og hvornår skal vi salte vejene om vinteren, og er glasovergangen egentlig en faseovergang?

Vi undersøger blandinger, opløsninger eller rene stoffer for at forstå den termiske opførsel af vores prøver.

Den eksperimentelle metode i projektet er en kalorimetrisk metode, der er følsom over for alle typer af endo- og exoterme processer og kan bruges til at bestemme (ændringer i) varmekapacitet, smeltepunkter og andre overgangstemperaturer.

Hvad kommer du igennem på dagen?

Vi udfører en serie af køle- og opvarmnings-eksperimenter på en række prøver. Det kan være en systematisk række af blandinger mellem to stoffer (fx. vand og alkohol), en række saltopløsninger, eller en enkelt prøve, hvor den eksperimentelle protokol varieres for at undersøge prøvens termiske "hukommelse".

På dagen starter vi med en gennemgang af den eksperimentelle teknik og laboratoriesikkerhed. Dernæst skal vi klargøre de prøver, der skal måles på - og til sidst udføres eksperiment-serien.

Den eksperimentelle opstilling vi bruger, er en slags kalorimeter. Teknikken består i at monitorere temperatur og temperaturrate under køling eller opvarmning af en prøve. Varmestrømmen kommer fra varmeledning gennem et isolerende materiale, dvs. den er proportional med temperaturforskellen mellem sample og omgivelserne.

Udarbejdet af:



Tina Hecksher
Lektor i fysik
Roskilde Universitet

Måler - og udvikler eksperimentelle metoder til måling af frekvensafhængige mekaniske, termiske og elektriske egenskaber af underafkølede væsker tæt på glasovergangen.

Målgruppe

For dig som skal skrive studieretningsprojekt eller studieområdeprojekt i 3G med fysik som det ene fag.

Tilmelding

Tilmeldingsfrist og ansøgningsformular finder du på www.ruc.dk/srp-sop.

Pladserne bliver fordelt efter først-til-mølle princippet. Hvis der er mange tilmeldinger, prioriterer vi elever med ABB-niveau i naturfaglige fag.

Varighed

1 dag

Antal elever

4-5 pr. hold

Hvornår

Afholdes 2 gange årligt: Februar og november. Tilmeldingsfrist og dato for afholdelse annonceres på www.ruc.dk/srp-sop.



Vinkler

- Hvor meget og hvornår skal vi salte vejene om vinteren?
Smeltepunktssænkning, mætning, salte i vand
[Fysik/kemi - fysik/samfund - fysik/miljø]
- Hvor er smeltepunktet for en blanding af to væsker med hver sit smeltepunkt?
Eutektiske blandinger
[Fysik/kemi]
- Hvordan overlever man nedfrysning?
Smeltepunktssænkning/glasovergang, anti-fryseproteiner/kryoprotektion
[Fysik/biologi]
- Er glasovergangen en faseovergang?
Glasovergange, fx glasovergangens kølerateafhængighed
[Fysik/kemi - fysik/historie - fysik/filosofi/videnskabsteori]

Relevante kombinationsfag

Kemi
Samfundsfag
Biologi
Historie

Litteratur til forberedelse og yderligere viden

Download www.ruc.dk/undervisningspakke-tilstandsformer

Inden øvelsesdagen forventes du at have læst artiklen og appendix, set filmen og hørt podcasten fra RUC's undervisningspakke i Fysik: "Tilstandsformer: Flydende eller fast?".

Artikel: Thermalization calorimetry: A simple method for investigating glass transition and crystallization of supercooled liquids www.forskning.ruc.dk/da/publications/thermalization-calorimetry-a-simple-method-for-investigating-glas



Simple modellers rolle i fysikken

En dag på RUC, hvor eleverne klassevis har mulighed for at arbejde videre med tilstandsformer og faseovergange. På workshoppen får I lov til at lave simuleringer og arbejde på den supercomputer, forskerne arbejder på med tunge beregninger. Gennem workshoppen opnås en forståelse af faseovergange visualiseret på et atomisk plan, og vi kigger på valget af videnskabelig metode og fysikkens tre-enighed, teori-model-eksperiment, med vægt på "model"-aspektet.

I får lov til at arbejde med en eksemplarisk øvelse i molekyledynamiksimuleringer på Roskilde Universitets supercomputer, dette gøres ved at bruge Roskilde Universitets Simuleringspakker (www.rumd.org).

I denne øvelse skal deltagerne i hold af tre personer undersøge en model for molekyler eller atomer.

1. del

Her får hvert hold udleveret en brugervejledning, der guider igennem den første simulering. Denne simulering er en opvarmning af et modelsystem som (måske?) smelter.

2. del

Her skal holdet på egen hånd ændre på simuleringsprotokollen for at få en bedre forståelse af modellens opførsel. Fx bør det undersøges, hvad varmhastigheden betyder, og hvad der sker ved en nedkøling.

3. del

Her holdes resultaterne op imod stoffernes faktiske opførsel såsom eksperimentelle smelte-temperaturer. Deltagerne finder selv information på internettet. Hver hold undersøger en af de følgende modeller, som er foreslået af forskere:

- Lennard-Jones's model af Argon
- Lennard-Jones's model af Guld
- Lennard-Jones's model af vand
- Den atomistiske SPC vandmodel
- Molinero's et-atom vandmodel
- Kob & Andersen's model for en Nikkel-Phosfor blanding
- Lewis-Wahnström's ortho-terphenyl model

Udarbejdet af:



Ulf Rørbæk Pedersen
Lektor i fysik
Roskilde Universitet

Bruger computerbaserede modeller til at udvikle og teste teorier for materials egenskaber.

Målgruppe

Elever på matematiske-/naturvidenskabelige linjer på HTX, STX, EUX og HF med fysik på B-niveau.

Workshoppen tilbydes primært til vores samarbejdsgymnasier i Region Sjælland.

Forberedelse inden besøget

Eleverne forventes at have arbejdet med undervisningspakken "Tilstandsformer: Flydende eller fast?". Se www.ruc.dk/undervisningspakke-tilstandsformer

Tilmelding

Klassevis til projektkoordinator Dorthe Vedel på vedel@ruc.dk - med ønske om foretrukne datoer og ugedage for besøg på RUC. Vi vil forsøge at imødekomme jeres ønsker, såfremt der er kapacitet til det.

Varighed

1 dag

Antal elever

30 elever pr. workshop



Program for dagen

- 9.00** Velkommen og præsentation af øvelsen og modeller
- 9.20** 1. del: Gennemgang af brugervejledning
- 10.20** Kaffepause
- 10.30** 2. del: Simuleringer på egen hånd
- 12.00** Frokostpause og rundvisning (imens køres lang simulering)
- 13.00** RUC som studiested
- 13.30** 3. del: Opsamling af resultater
- 13.50** Samlet fremlæggelse af udvalgte resultater og diskussion
- 14.30** Slut

Udbytte af øvelsen

Deltagerne stifter bekendtskab med en videnskabelig software-pakke og det at benytte en supercomputer til tunge beregninger. Der opnåes en forståelse af faseovergange visualiseret på et atomistisk plan.

Gennem eksempler belyses samspillet i fysikkens treenighed; teori-model-eksperiment, med vægt på "model-aspektet".

Til diskussion af modellers betydning i fysikken er der nøje udvalgt en række eksempler. Dels eksempler, hvor en model kan bruges til at beskrive forskellige systemer (Lennard-Jones model kan både være for Argon og for guld), og dels eksempler, hvor det samme system beskrives ved forskellige modeller (eksempler på vandmodeller). Og sidst, hvordan en kendt model kan ændres til at beskrive et nyt system: Lennard-Jones modellen kan modificeres til at beskrive en metallisk blanding eller et molekyle.



De 3 tilstandsformer

Alle stoffer forefindes i én af tre versioner: Fast, flydende eller gas

Foredraget giver eksempler på dette, både fra hverdagen og fra forskningen. Vidste du fx, at jordens inderste kerne er fast, selvom den er mange tusinde grader varm? Vi slutter af med at fortælle historien om, hvordan forskning udført de seneste 6 år ved grundforskningscentret "Glas og Tid" forklarer en række observationer, man har gjort i årenes løb, fx om smeltning og frysning.

Oplægget er oplagt som en intro til et forløb om tilstandsformer og faseovergange og giver desuden et indblik i forskernes verden, og i hvordan der arbejdes med fysik i virkeligheden.



Udarbejdet af:



Ulf Rørbæk Pedersen
Lektor i fysik
Roskilde Universitet

Bruger computerbaserede modeller til at udvikle og teste teorier for materialers egenskaber.

Målgruppe

Elever på matematiske-/naturvidenskabelige linjer på HTX, STX, EUX og HF med fysik på B-niveau.

Tilmelding

I kan tilmelde jer oplægget, når Naturvidenskab på RUC inviterer indenfor ved Nat-dag på RUC. Her kan I høre en række faglige oplæg inden for Fysik, Kemi, Matematik, Datalogi, Biotek og Biologi - og kan således selv sammensætte et program, der passer til jeres behov og ønsker.

Forberedelse inden besøget

Man kan med fordel se filmen "Eksperiment og simulering" og læse artiklen "Flydende eller fast?" inden besøget. Begge findes i undervisningspakken "Tilstandsformer: Flydende eller fast?", som findes på www.ruc.dk/undervisningspakke-tilstandsformer

Arrangementet afholdes i marts og september, og I tilmelder jer klassevis på www.nat-dag.ruc.dk

Varighed

45 min.

Kontakt

Ved spørgsmål om tilmelding og afholdelse kontakt projektkoordinator Dorthe Vedel, vedel@ruc.dk

Kig



Lyt



Åbent Hus



Uddannelse



Karriere



Ditte Gundermann – kandidat i fysik fra RUC

Senior engineer hos Hempel A/S
Cand.scient. og ph.d. i fysik fra Roskilde Universitet

Se filmen om Ditte, som bruger materialefysik i sit arbejde med at udvikle skibsmaling hos Hempel A/S.

Hun fortæller om sit arbejde som senior engineer samt om, hvilke kompetencer fra sin uddannelse hun særligt bruger i sit arbejdsliv. Og om, hvordan det at gøre en forskel i den virkelige verden, betyder meget i hendes karrierevalg.

Se filmen på <https://ruc.dk/karriereprofil-ditte-gundermann>

Du kan se flere karriereprofiler på www.ruc.dk/karriereprofiler. Vi følger bl.a. også Rasmus Godiksen, som er quant og laver matematiske modelleringer og risikoanalyser i Danske Bank. Begge er uddannet på RUC med fysik som det ene fag.

Filmene er en del af RUC's undervisningspakke: "Tilstandsformer: Flydende eller fast?", som findes på www.ruc.dk/undervisningspakke-tilstandsformer



Karriere

På www.ruc.dk/karriereprofiler kan du finde en række film og historier om kandidater fra RUC, som fortæller om, hvordan de har brugt deres uddannelse i arbejdslivet.

Lær mere om fysikuddannelsen på www.ruc.dk/fysik-paa-roskilde-universitet

Du kan møde forskerne på Fysik og i de andre naturvidenskabelige fag på Nat-dag på RUC, som afholdes to gange årligt.

Se mere på www.nat-dag.ruc.dk

Kig



Lyt



Åbent Hus



Uddannelse



Karriere

