

FUF rapport 1 - Is i vand

Jogvan og Stine

17. september 2001

Is i vand

Formål

Vi ønsker at finde en procedure, der kan bruges til at finde sluttemperaturen, efter at en isterning er smeltet i et glas vand.

Metode

Til at begynde med hældte vi en afmålt mængde vand m_{vand} i et flamingokrus, og målte temperaturen T_{begynd} . Derefter tog vi en klump is, tørrede den af (for at fjerne det øverste vandlag) og nedsænkede den i vandet og målte vægtstigningen $m_{vand+is}$. Vi satte et flamingokrus ovenpå som låg for at isolere. Da isen var helt smeltet målte vi atter temperaturen T_{slut} .

Måleresultater

Der blev foretaget 4 sæt målinger som fremgår af nedenstående skema. Vi har angivet målingerne i SI-enheder for hhv. masse i kilogram og temperatur i Kelvin

Måling	m_{vand}/kg	$m_{vand+is}/kg$	T_{begynd}/K	T_{slut}/K
1	0,158	0,203	299	282
2	0,163	0,179	293	286
3	0,184	0,256	305	282
4	0,192	0,219	210	297

Teori

Der skal tilføres energi ΔQ_{smelt} i form af varme for at smelte isklumpen og energi ΔQ_{opvarm} til at opvarme det smeltede vand til det opnår termisk ligevægt med det oprindelige vand i kruset. Da denne energi kommer fra

afkølingen af det oprindelige vand $\Delta Q_{afkøel}$, kan vi opstille følgende købmandsregnskab

$$\Delta Q_{smelt} + \Delta Q_{opvarm} = \Delta Q_{afkøel} \quad (1)$$

Vi tillader os at antage, at 'vand i krus + isklump' er et lukket system, idet flamingokruset både isolerer godt og har en lille varmfylde, samt at eksperimentet forløb over et relativt kort tidsrum. Derfor anser vi det for en rimelig antagelse at sige, at energien i systemet er bevaret. Varmemængden er givet ved $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, hvor c er den specifikke varmekapacitet. Når L betegner is' smeltevarme fås:

$$\begin{aligned} \Delta Q_{smelt} &= m_{is}L \\ \Delta Q_{opvarm} &= m_{is}c(T_{is} - T_{slut}) \\ \Delta Q_{afkøel} &= m_{vand}c(T_{begynd} - T_{slut}) \end{aligned}$$

Ved at indsætte disse størrelser i ligning (1) får vi

$$m_{is}L + m_{is}c(T_{is} - T_{slut}) = m_{vand}c(T_{begynd} - T_{slut})$$

Vores oprindelige hensigt var at kunne finde sluttemperaturen. Derfor isoleres T_{slut} i ligningen.

$$\begin{aligned} T_{slut} &= \frac{T_{begynd}cm_{vand} - Lm_{is} + T_{is}cm_{is}}{(cm_{vand} + cm_{is})} \\ &= \frac{T_{begynd}m_{vand} + T_{is}m_{is}}{(m_{vand} + m_{is})} - \frac{L}{c} \frac{m_{is}}{(m_{vand} + m_{is})} \end{aligned} \quad (2)$$

Vi kan her se, at de ukendte størrelser L og c er lineært afhængige hvilket betyder, at vi ikke kan finde dem hver for sig. Dette er heller ikke nødvendigt, da vi kan nøjes med at kende forholdet mellem dem for at kunne fremstille en procedure der kan forudsige sluttemperaturen. For at finde denne størrelse, skal vi lige isolere den

$$\begin{aligned} \frac{L}{c} &= \frac{T_{begynd}m_{vand} + T_{is}m_{is} - T_{slut}(m_{vand} + m_{is})}{m_{is}} \\ &= (T_{begynd} - T_{slut}) \frac{m_{vand}}{m_{is}} + T_{is} - T_{slut} \end{aligned} \quad (3)$$

Isens temperatur T_{is} antages at være $273K$, idet den kom fra en stor gryde hvor den delvis var smeltet. Ved at indsætte de målet værdier, kan vi nu finde størrelsen L/c , som er angivet i nedenstående skema

Måling	$\frac{L}{c}/K$
1	50,7
2	58,3
3	49,8
4	60,3

Vi kan se, at værdierne ligger spredt. Vi tillader os derfor at tage gennemsnittet af disse og finder

$$\frac{L}{c} \approx 54,8K$$

Enheden er i kelvin fordi L angiver energi pr. masse (J/Kg) og c angiver energi pr. masse pr. 'temperaturstigningsenhed' ($J/Kg \cdot K$). Derfor bliver enheden for L/c i kelvin.

Konklusion

Vi kan nu fremlægge proceduren for at kunne forudsige sluttemperaturen for et tilsvarende forsøg. Ved at kende vandmængden og dens temperatur, samt ismængden og evt. dens temperatur, kan vi ved at anvende ligning (2) og ligning (3) få følgende sammenhæng:

$$T_{slut} \approx \frac{T_{begynd}m_{vand} + T_{is}m_{is}}{(m_{vand} + m_{is})} - 54,8 \frac{m_{is}}{(m_{vand} + m_{is})} \quad (4)$$

En fysisk fortolkning af størrelsen L/c er, at den angiver forholdet mellem smeltevarmen og den specifikke varmekapacitet. I dette tilfælde betyder det, at det koster 54,8 gange så megen energi at smelte en given mængde is til vand, som det koster at varme den samme mængde vand 1 grad op.

Bemærk at der ikke er taget hensyn til de tilfælde hvor sluttemperaturen ville ligge under $0^{\circ}C$ ($273K$). Formlen kan derfor kun anvendes i de tilfælde hvor $T_{slut} > 273K$.

Usikkerhed og fejlkilder

De elektroniske instrumenter, termometeret og vægten, har en indbygget måleusikkerhed. Termometeret målte f.eks. isens temperatur til at være $1,5^{\circ}C$, hvilket ikke kan være tilfældet.

Af fejlkilder kan nævnes at vores system ikke var fuldstændig isoleret. Flamingobærerne isolerede ikke perfekt og flamingobærer-låget var heller ikke på mens isen blev puttet i. Af større betydning er dog nok at vores isklump var en klump knust is. Denne kunne således nemt indeholde vand. Vi tørrede den som sagt af på overfladen, men inde i kan der have gemt sig vand. Dette medfører at ikke hele 'isklumpen' behøver smeltevarme for at blive til vand. Det betyder også, at vores fundne værdi L/c nok er lidt lavere end den ville være i virkeligheden, hvis hele klumpen bestod af 'tør' is.

Afsluttende bemærkninger

Vi har gennem rapporten angivet den specifikke varmekapacitet som c . Vi er godt klar over, at der i virkeligheden er tale om c_p (konstant tryk), men på gymnasieniveau skelner man ikke. Derudover har vi tilladt os at tage gennemsnittet af de fire fundne værdier for L/c . Det kan selvfølgelig diskuteres om hvorvidt vi bare kan gøre dette, men grunden til at vi har gjort det er, at vi som før nævnt skulle ende op med en formel, der kan forudsige sluttemperaturen i et lignende forsøg, hvor man må formode, at lignende fejlkilder opstår. Desuden er der ikke en enkelt af målingerne der ligger langt fra de andre, som vi så kunne se bort fra.

Elevvejledning

Is i vand

Når man kommer en klump is i et glas vand, smelter den hvorved vandet bliver koldere. Denne øvelse går ud på at finde en procedure der gør det muligt at finde frem til vandets sluttemperatur - altså efter at isen er smeltet. Ved hjælp af et flamingokrus, en vægt, et termometer samt adgang til vand og is skal I udtænke eksperimentet.

Overvej hvilke faktorer der er afgørende for eksperimentet.

Hvilke faktorer kan måles og hvilke kan ikke?

Forsøg at formulere sammenhængen mellem de faktorer der kan måles og dem der er interessante.

Udfør eksperimentet. Overvej om det er nok at lave et enkelt eksperiment.

Behandl de målte data og vurder om de fundne værdier er realistiske.

Skriv en rapport over forsøget og husk navn.