

FYS 2160 – Laboratorie-oppgaver

Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

Høst, 2004

Øvelse 2

Faseoverganger

Denne øvelsen går ut på å bestemme smeltevarmen for is og fordampningsvarmen for vann ved 100°C . Trykket skal i begge tilfeller være lik atmosfæretrykket.

2.1 Smeltevarmen

Den spesifikke (molare) smeltevarmen for is er den energi som trengs for å omdanne 1 kg (ett mol) is med temperatur 0°C til vann med temperatur 0°C .

2.1.1 Apparat

For å bestemme smeltevarmen for is, trenger vi dette utstyret:

- Kalorimeter
- Strømforsyning
- Amperemeter
- Voltmeter
- Termometer
- Stoppeklokke
- Vekt og loddsats
- Fryseboks

Kalorimeteret består av en isoporisolert beholder av rustfritt stål med et plastlokk som er påmontert et varmeelement og en rører. Termometerets føler kan føres ned i kalorimeteret gjennom et hull i lokket.

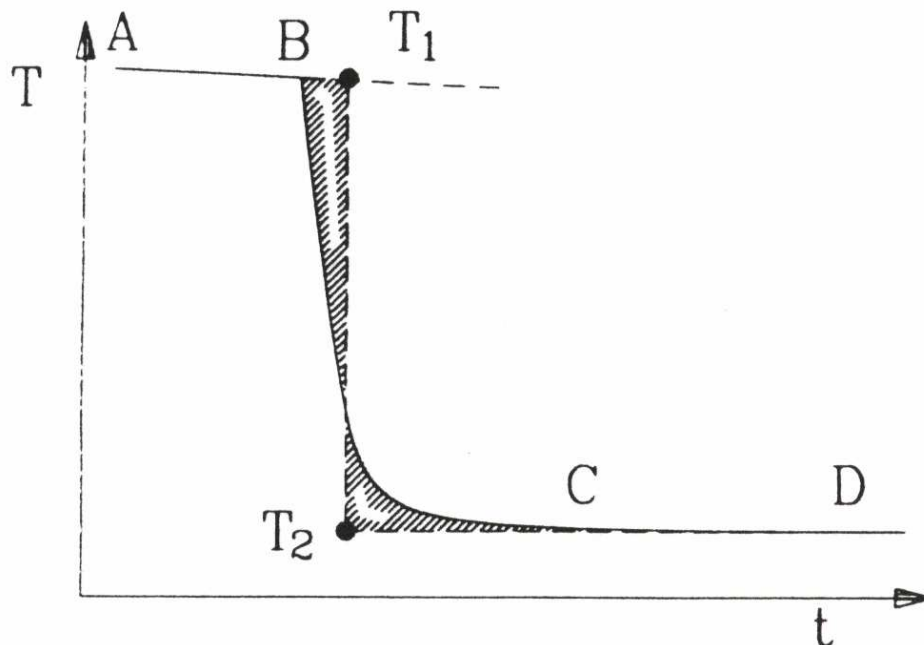
2.1.2 Utførelse

Kalorimeteret fylles med ca. 1,25 liter vann med en temperatur noen grader under romtemperatur. Kalorimeteret med innhold veies. Røreren startes. Det sendes en strøm på 0,75 A gjennom varmeelementet. Temperaturen måles hvert halve minutt. Når temperaturen er oppe i ca. 30 °C, slås strømmen av. Temperaturen T fremstilles grafisk som funksjon av tiden t . Når effekten som tilføres kalorimeteret med innhold er konstant, blir dT/dt tilnærmet konstant (når kalorimeteret er godt isolert, er energiutvekslingen med omgivelsene liten). Varmekapasiteten C_0 til kalorimeteret med innhold beregnes ved hjelp av likningen

$$C_0 dT/dt = U \cdot I, \quad (2.1)$$

der I er strømmen gjennom og U er spenningen over elementet.

En isblokk med et volum på ca. 250 milliliter legges i et kar med is og vann. Etter noen minutter er isblokkens temperatur nær 0 °C. Temperaturforløpet i kalorimeteret er antydnet i Fig. 2.1. Med røreren i gang og strømmen avslått måles temperaturen i kalorimeteret hvert halve minutt (A–B i figuren). Etter 5 minutter tørres isblokken av og legges i kalorimeteret (B). Temperaturen måles stadig hvert halve minutt.



Figur 2.1: Temperaturforløpet i kalorimeteret.

Når temperaturen i kalorimeteret har holdt seg tilnærmet konstant i ca. 5 minutter (C–D), slås røreren av. Kalorimeteret med innhold veies igjen.

2.1.3 Beregning av smeltevarmen

Den spesifikke smeltevarmen L_s (“latent heat of melting”) beregnes ved hjelp av likningen

$$m [L_s + C_v(T_2 - T_0)] = C_0(T_1 - T_2). \quad (2.2)$$

Her er m massen til isen som smeltet i kalorimeteret. Vannets spesifikke varmekapasitet avtar fra ca. 4220 J/kg/K ved 0 °C til ca. 4180 J/kg/K ved 20 °C. Vi velger en midlere verdi for vannets spesifikke varmekapasitet i det aktuelle temperaturområdet, f.eks. $C_v=4200$ J/kg/K. Temperaturen T_0 settes lik 0°C. Temperaturene T_1 og T_2 bestemmes ved hjelp av diagrammet i Fig. 2.1 som viser temperaturgangen i kalorimeteret. Den tilnærmet rette linjen AB forlenges til høyre. Den tilnærmet rette linjen CD forlenges til venstre. Deretter trekkes det en rett linje parallell med T -aksen slik at de skraverte arealene blir omtrent like store. Skjæringspunktene mellom denne linjen og de forlengede linjene gir T_1 og T_2 .

Oppgave 1. Bestemmelse av C_0

Bestem varmekapasiteten til kalorimeteret med innhold. Effekten $U \cdot I$ holdes så konstant som mulig mens kalorimeteret varmes opp. Vei kalorimeteret med innhold. Ledninger og støpsler må også plasseres på vekstskålen.

Oppgave 2. Bestemmelse av smeltevarmen for is

Bestem den spesifikke og den molare smeltevarmen for is.

2.2 Fordampningsvarmen

Vi betrakter et system av vann og damp i likevekt ved trykket P og temperaturen T . Funksjonen $P(T)$ inneholder informasjon om vannets fordampningsvarme. Et tilnærmet riktig uttrykk for funksjonen $P(T)$ kan utledes på grunnlag av følgende spesielle antagelser:

- Vannets molare volum er mye mindre enn dampens molare volum.
- Dampen kan betraktes som en ideell gass.
- Den molare fordampningsvarmen L_f (“latent heat of vaporization”) er konstant i et lite temperaturintervall.

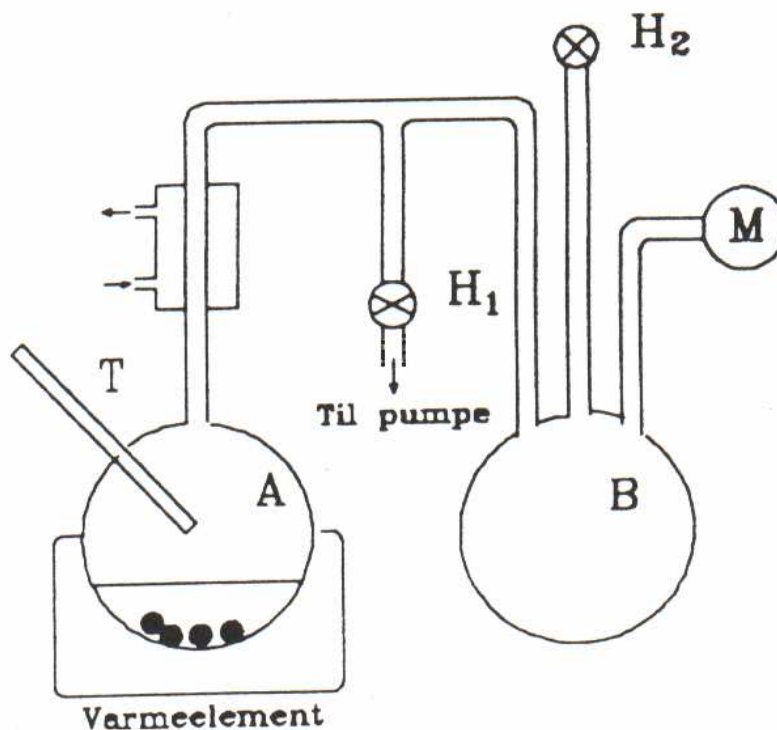
Ved hjelp av Clausius-Clapeyrons likning og ovennevnte antagelser kan vi utlede relasjonen

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = -\frac{L_f}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right). \quad (2.3)$$

Her er P_1 og P_2 damptrykkene ved temperaturene T_1 og T_2 , som antas nær hverandre, og $R = N_A k_B$ der N_A er Avogadros tall og k_B er Boltzmanns konstant.

2.2.1 Apparat

En skisse av apparaturen er vist i Fig. 2.2. Kolben *A* inneholder vann og kokestein som forhindrer støtkoking. Et glassrør og en slange forbinder kolben med buffervolumet *B*, som gjør systemet "mykere". Ved hjelp av en vannstrålepumpe kan trykket i systemet reduseres fra atmosfæretrykket (ca. 100 kPa) til ca. 20 kPa. Mellom pumpen og buffervolumet er en hane H_1 . Buffervolumet er også utstyrt med en hane H_2 . Når H_2 åpnes, slippes luft inn i systemet. Glassrøret ut fra kolben *A* kjøles med kaldt vann, slik at dampen fra kolben kondenseres til vann som renner tilbake til kolben.



Figur 2.2: Apparat for måling av damptrykkets temperaturavhengighet.

2.2.2 Utførelse

Start vannstrålepumpen med hanene lukket. Hanen H_1 åpnes forsiktig og holdes åpen til trykket har nådd en ønsket verdi. Så stenges H_1 og pumpen slås av. Sett på kjølevannet og varm opp vannet i kolben til koking. Unngå voldsom koking ved passende regulering av varmeelementet. Når manometeret M og termometeret T

viser tilnærmet konstante verdier, er systemet i en stasjonær tilstand. Da er metningstrykket for vanddampen lik trykket over vannet i kolben, og man måler sammenhørende verdier av trykk og temperatur. Anslå usikkerhetene i avlesningene. Deretter åpnes hanen H_2 forsiktig slik at trykket i systemet økes. Hanen stenges når trykket har steget ca. 5 kPa. Etter kort tid når systemet en ny stasjonær tilstand. Dette gjentaes inntill trykket blir caatmosfæretrykket.

Oppgave 3. Måling av metningstrykk og temperatur

Bestem sammenhørende verdier av metningstrykk og temperatur for vanddamp i området mellom ca. 60 kPa og ca. 100 kPa.

Oppgave 4. Beregning av fordampningsvarmen

Avsett på enkeltlogaritmisk papir sammenhørende verdier av P og $1/T$ med P i logaritmisk skala. Sett av usikkerheter i 3–4 punkter fordelt over måleområdet. Beregn den molare fordampningsvarmen for vann i et lite temperaturområde nær 100°C .