

Faseoverganger - Laboratorieøvelse 1 FYS2160

V. Mäntysalo, M. Nilsen, and F. Mellbye

Universitetet i Oslo, Oslo, Norge

(Dated: 23. oktober 2017)

Smeltevarmen for is og fordampningsvarmen til vann ved 100 C blir bestemt, med trykket i begge tilfeller lik atmosfæretrykket.

I. SMELTEVARMEN FOR IS

A. Teori

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

B. Metode

1. Apparatur

Følgende utstyr ble benyttet til å bestemme smeltevarmen til is:

- Kalorimeter
- Strømforsyning
- Amperemeter
- Voltmeter
- Termometer (PASCO, koblet til PC via USB)
- Digitalvekt
- Isblokk i et isvannbad (kar med is og vann)

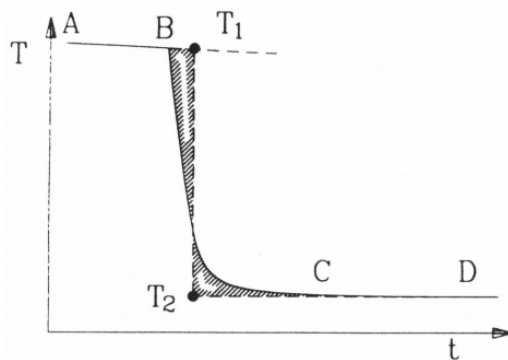
Kalorimeteret består av en isoporisolert beholder av rustfritt stål med et plastlokk som er påmontert et varmeelement og en rører. Termometerets føler ble ført ned i kalorimeteret gjennom et hull i lokket.

2. Utførelse

Fullstendig utførelse finnes i REF. Varmekapasiteten C_0 til hele kalorimeteret med innhold beregnes ved hjelp av ligningen

$$C_0 \frac{dT}{dt} = U \cdot I \quad (1)$$

der I er strømmen gjennom og U er potensialet over varmeelementet. Når denne verdien er funnet for oppsettet blir eksperimentet utført ved å smelte en isklump i kalorimeteret mens temperaturen logges.



Figur 1: Temperaturforløpet i kalorimeteret

3. Beregning av smeltevarmen

Den spesifikke smeltevarmen L_S beregnes med

$$m[L_S + C_v(T_2 - T_0)] = C_0(T_1 - T_2)$$

som løst for L_S sier at

$$L_S = \frac{C_0(T_1 - T_2)}{m} - C_v(T_2 - T_0) \quad (2)$$

(Oppgave 3 - Tolkning av formel 2:) L_s angir den spesifikke smeltevarmen, som er mengden energi som kreves per enhets masse for å omdanne et stoff fra fast stoff til væskefase (smelting). Ligning 2 er en energibevareingsligning for systemet med isblokken satt inn. Det første leddet er energien bundet til smelting av isblokken, det andre leddet omhandler den termiske energien til mediet isblokken er lagt ned i (vannet), og dette er lik kalorimeterets (systemets) totale energi.

C. Resultater

1. Bestemmelse av varmekapasiteten til kalorimeteret

Avlesning fra apparatene under oppvarmingen gir

$$I = (0.7545 \pm 0.001) \text{ A}$$

$$V = (88.920 \pm 0.020) \text{ V}$$

der usikkerhetene er omtrentlige fra avlesningen fra apparatene (verdiene svingte tilfeldig innenfor intervallene over.) Fra Capstone avleses stigningstallet dT/dt med lineærtilpasning (se vedlegg)

$$\frac{dT}{dt} = 0.0116 \pm 1.7 \cdot 10^{-6} \text{ J/K}$$

Dette gir varmekapasiteten til kalorimeteret som (med ligning 1)

$$C_0 \approx 5780.8 \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad (3)$$

2. Bestemmelse av smeltevarmen

Isklumpen ble veid til å ha en masse (her er usikkerheten til apparatet ukjent, og dette kan bidra med en ukjent systematisk feil)

$$m = 198.98 \text{ g}$$

Avlesning fra Capstone (se vedlegg) gir at

$$T_1 = 30.00^\circ \text{C}$$

$$T_2 = 15.76^\circ \text{C}$$

Dette gir at den spesifikke smeltevarmen til is er gitt som

$$L_S = 347.510 \text{ kJ/kg} = 6.246 \text{ kJ/mol} \quad (4)$$

II. FORDAMPNINGSVARMEN FOR IS

Vi betrakter et system av vann og damp i likevekt ved trykket P og temperaturen T .

A. Teori

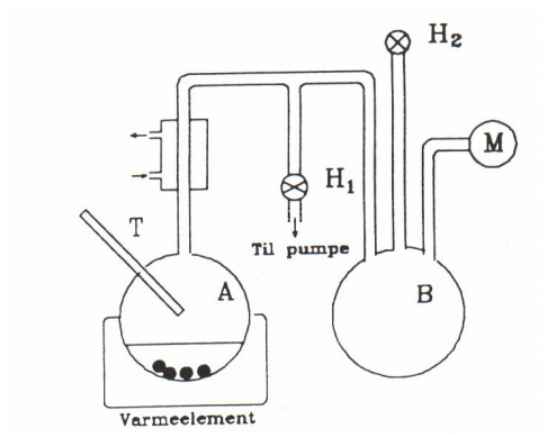
Se oppgavetekst for utfyllende teoretisk introduksjon. Ved antagelsene der og ved hjelp av Clausius-Clapeyrons ligning kan følgende relasjon utledes:

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = -\frac{L_f}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (5)$$

Her er P_1 og P_2 damptrykkene ved temperaturene T_1 og T_2 , som antas nær hverandre, og $R = N_A k_B$. Her er $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ Avogadros tall og $k_B = 1.3806488 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ er Boltzmanns konstant.

B. Metode

Se figur 2 for oppsett.



Figur 2: Apparat for måling av damptrykkets temperatur-avhengighet.

Kolben A inneholder vann og kokestein som forhindrer støtkoking. Et glassrør og en slange forbinder kolben med buffervolumet B, som gjør systemet "mykere". Ved vannstrålepumpen ble systemet redusert fra atmosfæretrykket til rundt 19 kPa.

1. Utførelse

Vannstrålepumpen ble startet med hanene lukket. Hanen H_1 ble åpnet til trykket økte med om lag 5 kPa om gangen, til likevekt oppnås (liten endring i temperatur med tiden). Denne prosessen ble gjentatt til trykket i kolben nådde atmosfæretrykk. Verdiene for trykk og temperatur ble avlest med Capstone for hver likevektstilstand.

C. Resultater

1. Beregning av fordampningsvarmen

Ifølge lineærtilpasningen i Capstone er stigningstallet til $\ln P$ mot T^{-1} gitt som

$$m = -5300 \pm 21$$

Dette gir ved 5 at fordampningsvarmen L_f er gitt ved

$$-\frac{L_f}{R} = -5300$$

som gir

$$L_f \approx (44.07 \pm 0.17) \text{ kJ/mol} \quad (6)$$

Ved å kun benytte de tre første datapunktene (hvor antagelsen om T_1 og T_2 nær hverandre er bedre) fåes på samme måte at

$$L_f \approx (42.57 \pm 0.7) \text{ kJ/mol} \quad (7)$$

III. GENERELL DISKUSJON (OPPGAVE 6)

Kjente verdier for fordampningsvarmen og smeltevarmen er gitt som

$$L_s = 6.01 \text{ kJ/mol} = 333.55 \text{ kJ/kg} \quad (8)$$

$$L_f = 40.66 \text{ kJ/mol} \quad (9)$$

Til sammenligning er altså de eksperimentelt funnede verdiene gitt ved

$$L_s = 347.510 \text{ kJ/kg} = 6.246 \text{ kJ/mol} \quad (10)$$

$$L_f = (42.57 \pm 0.7) \text{ kJ/mol} \quad (11)$$

der vi har brukt de tre punktene i fordampnings-eksperimentet som ligger i intervallet nærmest antagelsene våre.

Vi ser at begge målingene har gitt litt høyere resultater enn kjente verdier. Dette skyldes antagelig systematiske feil ved måling, som er vanskelige å estimere.

Vi ser også at fordampningsvarmen er langt høyere enn smeltevarmen. Altså kreves det langt mer energi å fordampe vann enn å smelte is.

Mulige feilkilder for de systematiske feilene er: At isen smelter noe under frakt til kalorimeteret, at kalorimeteret mister noe varme ved insertering av isklumpen, at isklumpen har en inhomogen temperaturfordeling.