

# Rapport Øvelse 2

## Temperatur for flytende nitrogen

MARTIN SORIA RØVANG

SAMMEN MED: MAGNUS OTTERDAL STØRDAL

Universitetet i Tromsø \*

2. mars 2018

## Sammendrag

I forsøket fant vi temperaturen til nitrogen indirekte ved å synke ned blylodd i flytende nitrogen. Vi målte temperaturforandringen i et kalorimeter og brukte ligningene i teoriseksjonen for å beregne oss frem til temperaturen til blyloddet. Vi fikk resultatet  $(-180 \pm 20)^{\circ}\text{C}$  i det første forsøket. Ifølge gitte verdier i appendix så er nitrogenet mellom  $-210^{\circ}\text{C}$  og  $-195.8^{\circ}\text{C}$ , med usikkerheten til resultatet kom vi frem til temperaturen til nitrogenet. I det andre forsøket beregna vi resultatet  $(-170 \pm 18)^{\circ}\text{C}$  her mangler vi rundt  $6^{\circ}\text{C}$  mer. Dette er i all hovedsak fordi varmekapasiteten til bly ikke er 130 (ved 300K som gitt i appendix) med tanke på hvor nedkjølt blyloddet var. Ved å endre varmekapasiteten i blyet til 129 gjør at alle målingene kommer innenfor. Dermed kan vi konkludere med at hadde vi brukt mer presis varmekapasitet for blyet hadde målingene vært innenfor det flytende nitrogenets temperatur.

I tredje og siste forsøket fikk vi  $(-175 \pm 18)^{\circ}\text{C}$ , her fikk vi heller ikke temperaturen til nitrogenet. I det første forsøket hadde vi store svigninger i dataen dermed kan vi konkludere med at det siste forsøket er det mest presise. Temperaturen skulle vært ha vært enda lavere, men dette er grunnet i at vi brukte for lang tid med å legge blykula over i kalorimeteret og tok til seg varme fra omgivelsene og at vi skulle brukt mer presis verdi for blyloddet gitt forklaringen over.

## Kommentarer:

---

\*Kjente verdier gitt i appendix er fra oppgaveteksten.

## 1 Formål

Formålet med eksperimentet er å beregne temperaturen til flytende nitrogen ved å fryse ned et blylodd i nitrogenet også putte den oppi et kalorimeter og dermed måle temperaturforandringene. Man kan da bruke formel for varmekapasitet (se teoriseksjonen) for å finne temperaturen til loddet, som da skal være rundt temperaturen til nitrogenet. Vi skal også finne usikkerheter som gir feilforplantninger og tar det med i beregningene når vi løser for resultater.

## 2 Teori og definisjoner

Kalorimeteret består av et beger med vann, varmeelement og termometer. begeret er av isopor og gir derfor veldig lite varme til omgivelsene, men noe må fortsatt bli tatt høyde for. Ved bruk av varmeapparat der vi har kjent varmemengde og måler temperaturforandringen kan vi bruke formel for å beregne varmekapasiteten.

$$C_0 = \frac{Pt}{\Delta T} \quad (1)$$

der  $t$  er tiden med effekt  $P$ ,  $P$  er effekten vi tilfører vannet,  $C_0$  er varmekapasiteten og  $\Delta T$  er forandringen i temperaturen.

Måler man deretter temperaturfallet når man putter det nedkjølte blyloddet ned i kalorimeteret kan man finne temperaturen på blyloddet fordi vannet avgir varme til blyloddet helt til det har blitt dannet likevekt.

Varme avgitt fra vannet er gitt ved.

$$mc(T_2 - T_N) = C_0(T_1 - T_2) \quad (2)$$

Her er  $T_N$  temperaturen til nitrogenet,  $m$  er massen til blyloddet,  $T_1$  er temperaturen før vi slipper ned blyloddet og  $T_2$  er temperaturen til vannet når den har stabilisert seg. , løser vi for nitrogentemperaturen blir det følgende:

$$T_N = T_2 - \frac{C_0}{mc}(T_1 - T_2) \quad (3)$$

### 2.1 Måleusikkerhet

Det vil forekomme en rekke usikkerheter i eksperimentet og disse vil feilforplante seg igjennom de forskjellige målingene. Dette kan løses ved at vi antar at en måleverdi  $X$  har ved usikkerhetsoverslag en usikkerhet  $\delta$  I ligning (1) så har vi 3 variabler som har usikkerheter. De kan vi løse for ved å derivere med tanke på hver av variablene slik:

$$\frac{\partial C_0}{\partial P} = \frac{t}{\Delta T} = \frac{C_0}{P} \quad (4)$$

$$\frac{\partial C_0}{\partial t} = \frac{P}{\Delta T} = \frac{C_0}{t} \quad (5)$$

$$\frac{\partial C_0}{\partial \Delta T} = \frac{-Pt}{\Delta T^2} = -\frac{C_0}{\Delta T} \quad (6)$$

Tar vi da og summer opp absoluttverdiene av usikkerhetene får vi:

$$\delta C_0 = C_0 \left( \frac{\delta P}{P} + \frac{\delta t}{t} + \frac{\delta \Delta T}{\Delta T} \right) \quad (7)$$

Dette gir usikkerheten i varmekapasiteten til vannet. Her er  $\delta P$  er usikkerheten i effekt,  $\delta t$  er usikkerhet i tid,  $\delta \Delta T$  er usikkerhet i forandringen av temperatur. Dette prinsippet brukes også for å finne  $\delta T_N$ . Hvis vi setter.

$$K = \frac{C_0}{mc} \quad (8)$$

Løser på samme måte som  $C_0$

$$\delta K = K \left( \frac{\delta C_0}{C_0} + \frac{\delta m}{m} + \frac{\delta c}{c} \right) \quad (9)$$

Tar de partialderiverte av (3):

$$\frac{\partial T_N}{\partial T_2} = 1 + K \quad (10)$$

$$\frac{\partial T_N}{\partial T_1} = -K \quad (11)$$

$$\frac{\partial T_N}{\partial K} = T_2 - T_1 \quad (12)$$

Ganger inn differansene og bruker absoluttverdiene som før:

$$\delta T_N = (1 + K)\delta T_2 + K\delta T_1 + |T_2 - T_1|\delta K \quad (13)$$

Her er m massen og c er spesifikk varmekapasiteten til blyloddet.

Usikkerhetene er gitt i appendix.

Når vi utfører eksperimentet vil det forekomme et varmetap i vannet eller varmegevinst (hvis temperaturen på vannet er lavere enn rom temperaturen). Dette finner man ved å la vannet stå litt imens man måler temperaturen i vannet. Det vil da bli en stigning eller minkning som kan bli funnet ved hjelp av lineær regresjon gitt ved.

$$Y = Ax + B \quad (14)$$

Der

$$A = \frac{N(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\Delta}$$

$$B = \frac{(\sum x_i^2)(\sum y_i) - (\sum x_i)(\sum x_i y_i)}{\Delta}$$

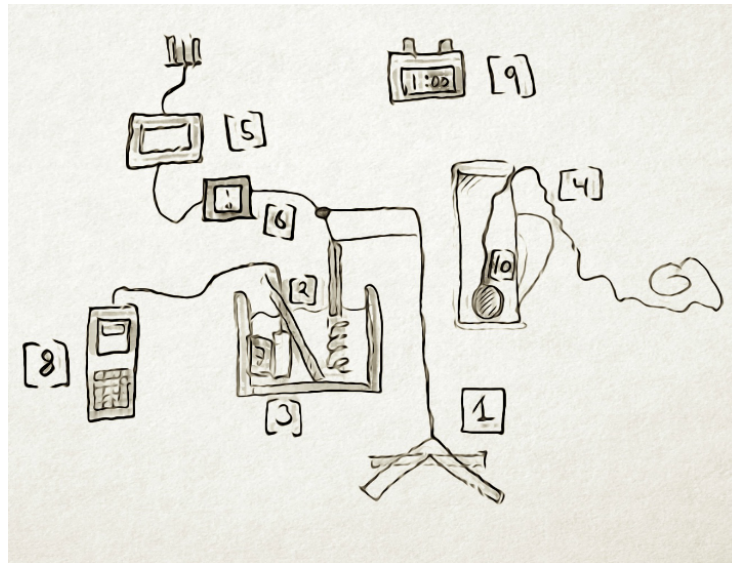
$$\Delta = N(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)^2$$

Der  $N$  er antall datapunkter,  $x_i$  og  $y_i$  er datapunktene tid og temperatur.

Ved å bruke lineær regresjon gitt ved baselinjene (se figur 2,3,4) kan man da ta temperaturforandringene i vannet fra regresjon til regresjon (ved bruk av vertikale hjelpelinjer) slik at vi unngår å ta med feilmålinger i temperaturforandringen der varme blir avgitt til omgivelsene.

### 3 Eksperimentelt oppsett og framgangsmåte

- Kalorimeter (isoporboks) med temperatursensor tilkoblet datalogger, varmelement og effektmeter.
- Prøveelement (blylodd)
- Stoppeklokke
- Termos med flytende nitrogen



Figur 1: Oppsett av kalorimeter, (1) Stativ med varmelement, (2) Rørepinne, (3) Isoporboks med vann, (4) Termos med flytende nitrogen, (5) Effektmeter plugget i veggkontakt, (6) Bryter for å starte strøm i varmelementet, (7) Termoelement, (8) Datalogger, (9) Stoppeklokke, (10) Blylodd som ligger i termos for nedfrysning.

Eksperimentet er utført tre ganger.

### **3.1 Forsøk 1**

Fylte opp isoporbeholderet med 9 dl vann som var ca  $21,7^{\circ}\text{C}$  dette var over rom temperatur så temperaturen minker fordi varme går til omgivelsene. Lot det stå i ca 400 sekunder for å se hvor mye varme som blir borte slik at vi kunne bruke dette til å beregne tap til omgivelsene. Etter ca 400 sekunder begynte vi oppvarming opp til ca  $33^{\circ}\text{C}$  på 2,36 minutter og tok 4 målinger av effekten (W). Etter 400 sekunder slapp vi blyloddet ned i vannet, her oscillerte verdiene veldig mye grunnen til det er fordi vi holdt målestaven for nærme blyloddet. Vi rørte til verdiene stabiliserte seg som var rundt ca 1100 sekunder.

### **3.2 Forsøk 2**

Fylte opp isoporbeholderet med 8 dl vann som var ca  $13^{\circ}\text{C}$  dette var under rom temperatur så temperaturen steg fordi omgivelsene varmet vannet. Lot det stå i ca 350. Begynte oppvarming opp til ca  $33^{\circ}\text{C}$  på 3,29 minutter og tok 4 målinger av effekten (W). Rundt 1000 sekunder slapp vi blyloddet ned i vannet, her var det en mye finere nedgang. Vi rørte til verdiene stabiliserte seg som var rundt ca 1150 sekunder.

### **3.3 Forsøk 3**

Fylte opp isoporbeholderet med 7 dl vann som var ca  $17,7^{\circ}\text{C}$  dette var under rom temperatur så temperaturen steg fordi omgivelsene varmet vannet. Lot det stå i ca 330. Begynte oppvarming opp til ca  $33^{\circ}\text{C}$  på 2,34 minutter og tok 4 målinger av effekten (W). Rundt 826 sekunder slapp vi blyloddet ned i vannet, her var det en mye finere nedgang. Vi rørte til verdiene stabiliserte seg som var rundt ca 940 sekunder.

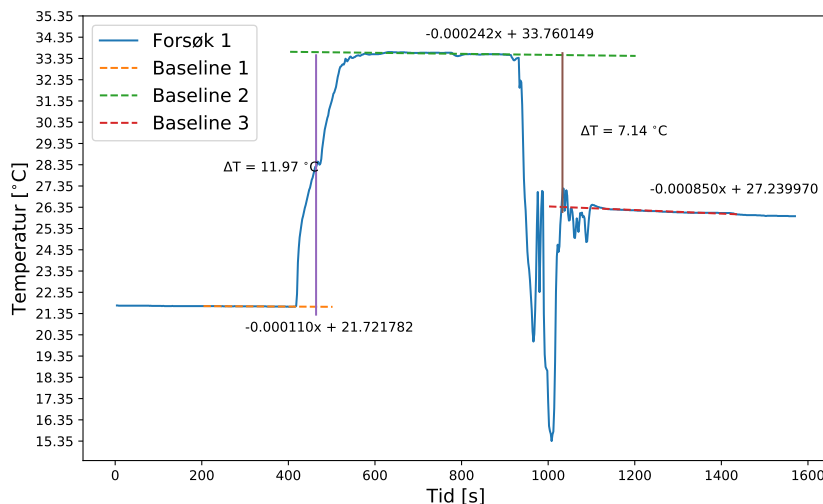
## 4 Resultater

Under har vi resultatene fra eksperimentet, videre har vi plott av de tre forsøkene. På figur 2 fikk vi et plott som har store svigninger grunnet kontakt mellom blyloddet og temperaturmåleren. På grafene ser man også varme som blir avgitt til omgivelsene ved regresjonslinjene.

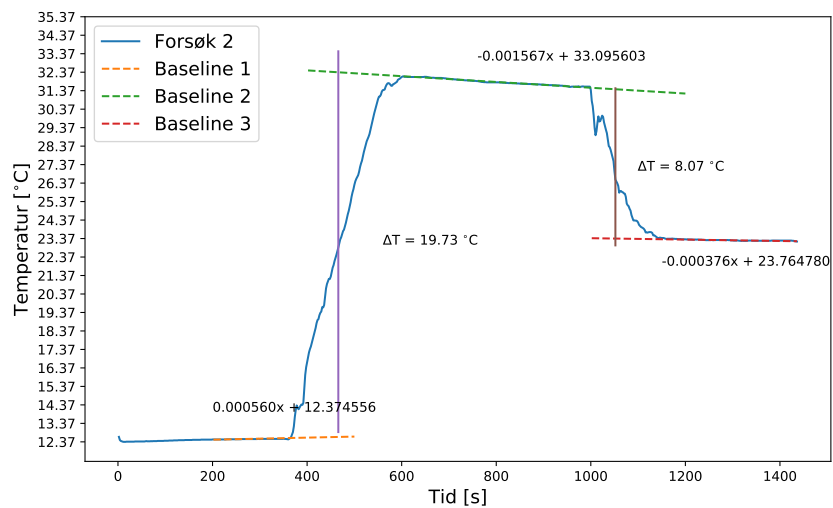
Tabell 1: Data beregnet og funnet i forsøkene

Forsøk#	Tid oppv[s]	$C_0$ [J/Kg·K]	$T_n$ [°C](Beregnet)	T1[°C]	T2[°C]	$\Delta T$ [°C]	Effekt [W]
1	155.5±0.5	4200 ± 300	-184±21	33.5±0.1	26.4±0.1	7.14±0.2	322±16
2	209.1±0.5	3400 ± 200	-170±18	23.3±0.1	26.3±0.1	8.07±0.2	323±16
3	143.6±0.5	3000 ± 200	-175±18	32.8±0.1	23.3±0.1	9.48±0.2	323±16

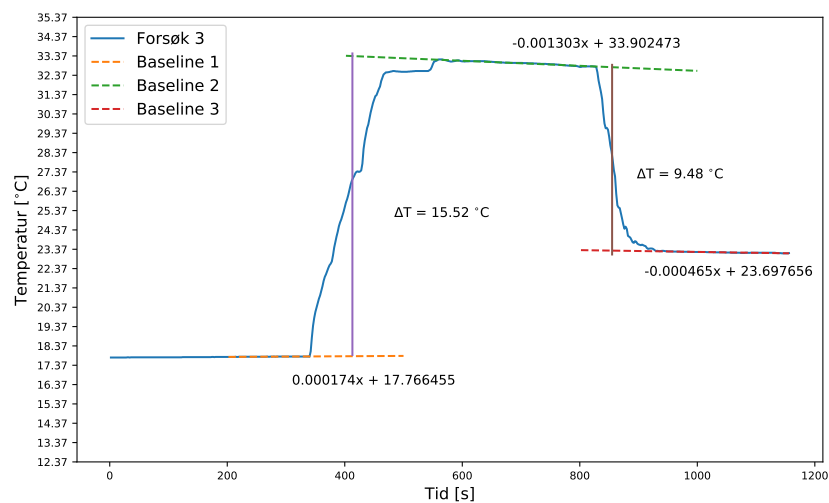
Her ble ligning (1) brukt til å finne varmekapasiteten  $C_0$ , ligning (3) for Nitrogen temperaturen  $T_N$ , (13) ble brukt til å regne ut usikkerheten til nitrogen temperaturen. Ligning (7) ble brukt til å finne usikkerheten til varmekapasiteten.



Figur 2: Plot av første forsøk



Figur 3: Plot av andre forsøk



Figur 4: Plot av tredje forsøk

## 5 Diskusjon

I det første forsøket (se figur 2) hadde vi temperaturmåleren altfor nærme blyloddet når vi slapp det ned i kalorimeteret. Dette resulterte i veldig stor svigning i temperaturen så her var det vanskelig å finne veldig nøyaktig temperaturendring. Fant at nitrogenet hadde en temperatur på  $(-184 \pm 21)^\circ\text{C}$  ifølge beregningene som ble brukt i teoriseksjonen. Dette er innafor temperaturen til flytende nitrogen (se appendix).

Temperaturen ble målt til  $(-170 \pm 18)^\circ\text{C}$  i forsøk 2. Dette er mindre enn temperaturen på flytende nitrogen (se appendix) noe grunnen til dette er fordi vi brukte for mye tid da vi la blyloddet ned i vannet slik at mye varme ble gitt via rommet. Blyloddet var dermed noe lavere temperatur enn nitrogenet når det ble senket ned i kalorimeteret. I det siste forsøket fikk vi resultatet  $(-175 \pm 18)^\circ\text{C}$  dette var litt bedre.

I begge de andre forsøkene hadde vi bedre data, men her er ikke temperaturen innafor temperaturen til flytende nitrogen. Dette er nok i all hovedsak fordi varmekapasiteten til bly ikke er 130 (ved 300K) som gitt i appendix med tanke på hvor nedkjølt blyloddet var. Ved å endre varmekapasiteten i bly ned til kun 129 gjør at alle målingene kommer innenfor. I de to andre (figur 3 og 4) hadde vi en mye jevnere graf. Dette var fordi vi rørte my bedre og holdt temperaturmåleren unna blyloddet når vi slapp det nedi.

Utrekningene er avhenging av mange variabler, resultatet er svært utsatt for store feilfortplantninger slik at hvis man ikke tok riktig verdi på en av de kunne dette ha veldig stor effekt på resultatet. Det er også mange usikkerheter som må tas med i beregningene. Disse var de store utfordringene med forsøket.

## 6 Konklusjon

I dette arbeidet beregna vi temperaturen på et blylodd som var sunket ned i flytende nitrogen. I forsøket skulle vi finne temperaturen til nitrogenet indirekte ved å synke nedi blyloddet og dermed måle temperaturforandringen i kalorimeteret. Ved å bruke ligningene i teoriseksjonen beregna vi oss frem til temperaturen til blyloddet. Vi fikk resultatet  $(-180 \pm 20)^\circ\text{C}$  i forsøk 1. Ifølge gitte verdier i appendix så er nitrogenet mellom  $-210^\circ\text{C}$  og  $-195.8^\circ\text{C}$  med usikkerheten er dette temperaturen til nitrogenet. I det andre forsøket beregna vi resultatet  $(-170 \pm 18)^\circ\text{C}$  her mangler vi rundt  $6^\circ\text{C}$ . Dette er i all hovedsak fordi varmekapasiteten til bly ikke er 130 (ved 300K som gitt i appendix) med tanke på hvor nedkjølt blyloddet var. Ved å endre varmekapasiteten i bly ned til kun 129 gjør at alle målingene kommer innenfor hadde det blitt brukt en mer presis varmekapasitet for blyet hadde målingene vært innenfor det flytende nitrogens temperatur.

I tredje og siste forsøket fikk vi  $(-175 \pm 18)^\circ\text{C}$ , her fikk vi dermed ikke temperaturen til nitrogenet. I det første forsøket hadde vi store svigninger i dataen



dermed kan vi konkludere med at det siste forsøket er det mest presise. Temperaturen skulle helst ha vært enda lavere, men i realiteten er det nok det grunnet at varmekapasiteten som ble brukt til bly ikke stemte helt gitt forklaringen over.

## A Appendix

1

- Nitrogenets smeltepunkt: 63.15 K (-210 °C).
- Nitrogenets kokepunkt 77.355 K (-195.795 °C).
- Spesifikk varmekapasitet for vann  $C_V$ : 4181.8 J/(kg·K) ved 20°C.
- Spesifikk varmekapasitet for bly  $C_B$ : 130 J/(kg·K) ved 300 K

Tabell 2: Usikkerheter i forsøket.

Forsøk#	Effektmetr[W]	Spes varm.kap bly[J/Kg·K]	Masse[g](bly)	Varm.kap vann[J/Kg·K]	$T_N$ [°C]	Tid[s]	Temp[°C].
1	5%	1	1	300	21	0.5	0.1
2	5%	1	1	200	18	0.5	0.1
3	5%	1	1	200	18	0.5	0.1

Her er Spesifikke varmekapasiteten for vann beregna med formel i teoriseksjonen.

## B Referanser

---

<sup>1</sup>Kjente verdier gitt i appendix er fra oppgaveteksten.