Termoelement

Håkon Silseth og Trym Varland

UiT - Norges Arktiske Universitet

2. februar 2022

Sammendrag

I dette forsøket skal vi undersøke om et termoelement kan brukes som et termometer. Et termometer måler temperatur ved å se på en annen størrelse som endrer seg på en kjent måte med endring i temperatur. Den termoelektriske effekt sier at med en temperaturgradient over en leder kommer også en ladningsgradient over lederen, vi har altså en spenning over lederen vi kan måle, som endrer seg proposjonalt med temperaturen. Målingene viste oss en lineær sammenheng mellom temperaturøkning til en ende av termoelementet og den termoelektriske spenningen over termoelementet. Vi endte også opp med svært lav varians i målingene, som betyr at vi kan bruke termoelementet som et termometer.

Kommentarer:

1 Formål

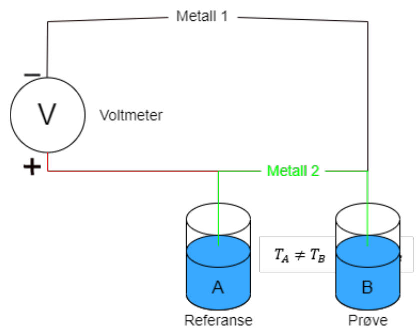
Med dette eksperimentet skal vi se hvordan man kan bruke et termoelement som et termometer. Vi skal måle den termoelektriske spenningen over termoelementet som en funksjon av temperatur. Vi skal gjøre dette ved å ha en ende av et termoelement i et isbad samtidig som andre ende ligger i en kjele med kokende vann. Til slutt tilpasses målingene med minste kvadraters metode, og med kurvetilpasning av en polynom funksjon.

2 Teori og definisjoner

Termofysikk:
Et termometer er et verktøy som måler temperatur, for å finne temperaturen måles en størrelse som endrer seg på en kjent måte med endringer i temperatur. Et kvikksølvtermometer fungerer slik at væsken i termometeret øker i volum proporsjonalt med økning i temperatur. Termometeret kan da kalibreres slik at man kan bruke det til å måle temperaturen. Istedenfor å måle volumendring skal vi i forsøket måle spenning som et resultat av temperaturforskjell over et termoelement.
Hva er et termoelement og hvordan fungerer det:
Et annet termometer er termoelementet som består av to ulike elektriske punkter, som er forbundet sammen i en strømkrets. Det baserer seg på den termoelektriske effekt, som sier at dersom man har en gradient av temperaturer i en leder får man også ha en forskjell i spenning over lederen. Man får altså en ladningsgradient over termoelementet som vi kan måle med et voltmeter. I figur 1 er det vist hovedoppkoblingen og funksjonen av et enkelt termoelement.
Statistikk:
I forsøket skal vi ende opp med en liste med datapunkter, for å tilpasse disse verdiene med en lineær funksjon skal vi bruke minste kvadraters metode. Minste kvadraters metode går ut på å finne den linja som er best tilpasset datapunktene vi har samlet inn. Vi velger da den linja som gir minst varians, variansen er kvadratet av avviket til den tilpassede linjen til de reelle verdiene, derav navnet. Vi finner også den best tilpassede andregradsfunksjonen, men konseptet her er det samme. Her er de relevante formlene for α og β, samt deres usikkerheter. α og β her er da konstantene til vår lineære tilnærming vi får ved bruk av minste kvadraters metode, som gir oss en ligning på formen $\epsilon(T) = \alpha T + \beta$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{N\sum(T_{Bi} * \epsilon_0) - \sum T_{Bi} * \sum \epsilon_i}{N * \sum T_{Bi}^2 - (\sum T_{Bi})^2} \\ \frac{\partial(SSE)}{\partial \alpha} &= -2\sum_{i=1}^{N}(\epsilon_i - \alpha * T_{Bi} - \beta)T_{Bi} = 0 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\beta = \frac{1}{N}(\sum \epsilon_i - \alpha \sum T_{Bi})$$
$$\frac{\partial(SSE)}{\partial\beta} = -2\sum_{i=1}^{N}(\epsilon_0 - \alpha * T_{Bi} - \beta) = 0 \tag{2}$$



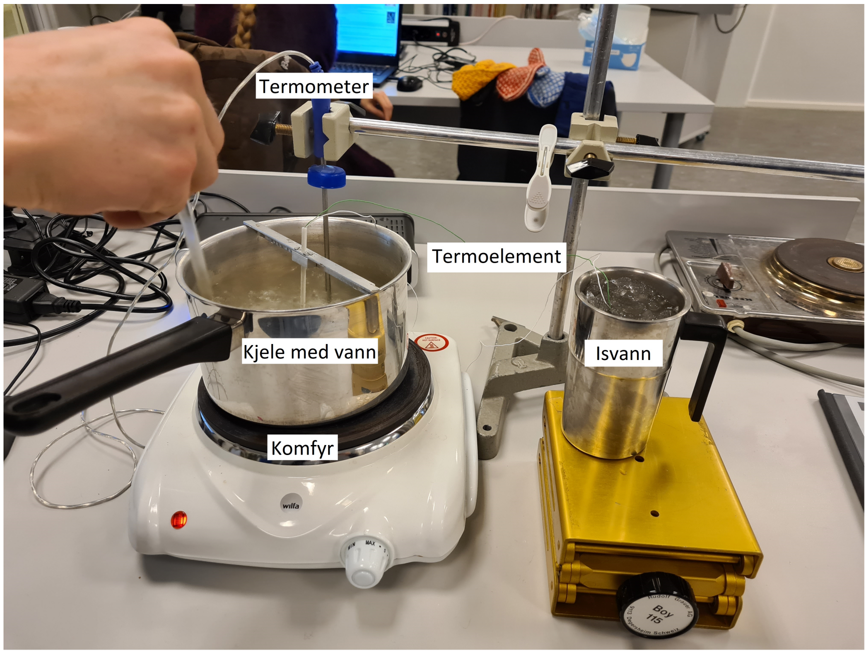
Figur 1: Enkelt termoelement

3 Eksperimentelt oppsett og framgangsmåte

3.1 Utstyrsliste

- Termoelement (K-type)
- Kontrollenhet PASCO universal interface 850 (Usikkerhet $\pm 0.1 mV$)
- Pasco termometer PS-2125 (Usikkerhet $\pm 0.5°$C)
- Termoelement med overgang til Pasco kontrollenhet
- Beger med is/vann blanding
- Kaserolle med vann
- kokeplate
- Rørestav

3.2 Oppsett



Figur 2: Oppsettet vårt

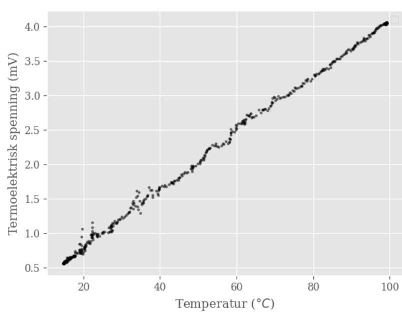
Oppsettet består av et termoelement hvor et loddepunkt holdes i et beger med vann og is, slik at det konstant er har temperatur lik $0°C$. Det andre loddepunktet ligger i en vannfylt kjele som står på en komfyr slik at den kan varmes opp. Temperaturen til vannet måles også med et termometer. Termoelementet vil produsere en spenning ϵ som vi kan måle med Pasco kontrollenheten.

3.3 Metode/Fremgangsmåte

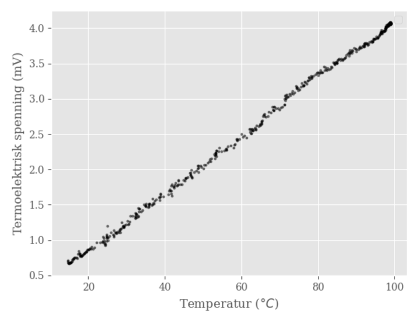
Først målte vi temperaturen til isvannet, deretter nullstilte vi termoelementet ved å legge begge endene i isvannet, for så å definere dette som null. Så målte vi den termoelesktriske spenningen mot temperatur ved å sette en ende av termoelementet i kjelen med vann, som har en temperatur rundt romtemperatur. Deretter startet vi en ny måling og varmet opp kjelen til vanneet begynte å koke. Her var vi nøye med å røre om i vannet slik at varmen fordeles uniformt. Vi så gjennom dataen vi fikk fra målingen og gjentok forsøket, men var ekstra obs på alle mulige feilkilder. Vi plottet da spenningen som en funksjon av temperaturen. Vi studerte plottet og brukte minste kvadraters metode for å finne en lineær funksjon som passer. Vi fant også beste tilpasset polynomialfunksjon.

4 Resultater

Forsøket gir en linær graf, noe som vil være forventet, da den elektriske spenningen vil øke proporsjonalt med temperaturen.
I plot 3a og 3b ser vi et punktplot som viser de målte verdiene fra forsøket, der vi har målt den termoelektriske spenningen som funksjon av temperaturen for det varmeste målepunktet. I plot 3a kan vi se at noen målepunkter i starten av måleperioden og til cirka $70°C$, ikke er tilfreds med mange av måle punktene. Dette vil kunne komme av at vi har kommet borti termometer med rørestav, sånn at termometer ble liggende innpå beholder i en kort periode. Noe som ville ført til at vi ville fått en rask økning i spenning og temperatur.
I 3b tok vi forbehold i at dette kunne skje, og vi fikk et mye finere plott med målepunktene liggende mer samlet i en lineær linje uten noe særlig målepunkter på villspor.

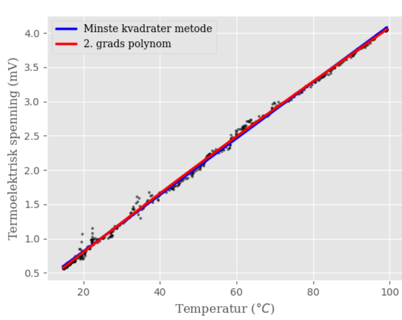


(a) Forsøk 1

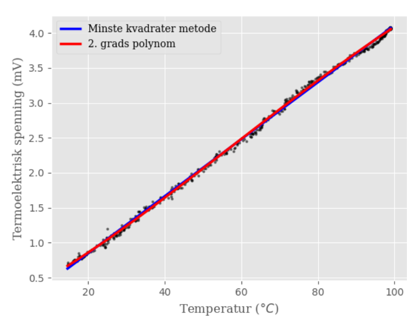


(b) Forsøk 2

I plottene 4a og 4b, ser vi to linære kurver som er tilpasset datapunktene. Blå kurve er tilpasset med minste kvadraters metode, og rød kurve er et tilpasset 2. grads polynom. Vi ser at 4b er den beste måle serien, da datapunktene er mer samlet og linære.



(a) Førsøk 1



(b) Forsøk 2

Selvom 4b er den beste måle serien, er det vanskelig å si noe om en rett linje er en god nok tilnærming eller at en 2. grads polynom er bedre. Derfor beregner vi summen av de kvadrerte residualene(SSR), i **??** ser vi SSR til de forskjellige kurvene i forsøk 1 og forsøk 2. I forsøk 2 ser vi at verdiene er omtrent like, som vil gi en god grunn hvorfor vi kan anta at en rettlinje er en god nok tilnærming.

Forsøk	1	2
Linær kurve	1.284	0.823
Polynom	1.081	0.821

Tabell 1: Summen av de kvadrerte residualene

Vi kan se i tabellen **??** at α i forsøk 1 og 2 er omtrent like, men usikkerheten α i forsøk 1 er noe høyere enn forsøk 2. For β ser vi en stor forskjell på forsøk 1 og 2, men de har omtrent lik usikkerhet. Grunnen til verdiene er forskjellige fra forsøk en 1 og 2, vil komme av at i forsøk 1 ser vi at noen data punkter ligger avsidesliggende men i forsøk 2 er de mer samlet i en lineær stigning.

Tabell 2: Konstantene α og β i minste kvadraters metode

(a) Verdiene til konstantene

Forsøk	1	2
α	0.04120	0.0407
β	-0.0098	0.0353

(b) Usikkerhet til konstantene

Forsøk	1	2
α	$7.43e^{-5}$	$6.1e^{-5}$
β	0.004	0.004

Vi må også ta forbehold i usikkerhet hos kontrollenheten som har en usikkerhet på $\pm 0.1mV$, og usikkerheten hos Pasco termometeret som ligger på sirka $\pm 0.5°C$.

5 Konklusjon

Vi kan ut i fra resultatene konkludere med at et termoelement er godt egnet til bruk som termometer. Fra forsøket fikk vi et datasett som var tilnærmet lineær, dette kunne vi se da vi plottet punktene, men ble enda mer tydelig fra minste kvadraters metode. Den beste tilpassede lineære grafen er en svært god tilnærming, med lav usikkerhet. Dette, sammen med det at vi endte opp med liten spredning og lav varians betyr at et termoelement egner seg godt til bruk som termometer.

A Appendix

Kode i Github

```

from cProfile import label
from operator import mod
from turtle import color
from attr import s
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import statsmodels.api as sm

plt.style.use("ggplot")

"""
-Plott termoelektrisk spenningen \epsilon som funskjon av temperatur T_B
-Tilpass en lin r kurve til datapunktene vha. minste kvadrater metode
-Pr v deretter   tilpasse et 2. grads polynom til datapunktene
"""

data = pd.read_csv("termo_fors k_1.txt")
print(data.head())

X = data.iloc[:, :-1].values
y = data.iloc[:, 1].values

from sklearn.linear_model import LinearRegression
lin = LinearRegression().fit(X,y)

print("------------------------------")
print("Coefficient:",lin.coef_)
print("Intercept:", lin.intercept_)
print("------------------------------")

def ssrlin():
    x = data["Temperature (*C) koking til 100"]
    y = data[["Voltage (mV) koking til 100"]]

    x = sm.add_constant(x)
    model = sm.OLS(y,x).fit()
    return print(model.ssr, model.summary())
print(ssrlin())

from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures

poly = PolynomialFeatures(degree = 4)
X_poly = poly.fit_transform(X)
poly.fit(X_poly, y)

lin2 = LinearRegression().fit(X_poly,y)
"""lin2.fit(X_poly, y)"""

polynomial_features= PolynomialFeatures(degree=2)
xp = polynomial_features.fit_transform(X)
model4 = sm.OLS(y, xp).fit()
```

```python
print(f'Summen av residualene til polynomial: {model4.ssr}')
print("--------------------------------")


plt.scatter(X, y, color = "black", marker=".", s = 20, alpha = 0.5)
plt.plot(X, lin.predict(X), color = "blue", label = "Minste kvadrater metode", linewidth = 2.5, alpha = 1)
plt.plot(X, lin2.predict(poly.fit_transform(X)), color = "red", label = "2. grads polynom", linewidth = 2.5, alpha = 1)
plt.xlabel("Temperatur ($\degree C$)", fontname = "serif")
plt.ylabel("Termoelektrisk spenning (mV)", fontname = "serif")
plt.rcParams["font.family"] = "serif"
plt.legend()
plt.show()

plt.scatter(X, y, color = "black", marker=".", s = 20, alpha = 0.5)
plt.xlabel("Temperatur ($\degree C$)", fontname = "serif")
plt.ylabel("Termoelektrisk spenning (mV)", fontname = "serif")
plt.legend()
plt.show()
```