

# Oblig1 - FYS2160

Kevin Alexander Aslesen  
(Dated: September 13, 2022)

Objektet med dette prosjektet er å se hvor god en Temperfect termos er slik at man får lyst på en selv. For å gjøre dette sammenlikner vi temperaturutviklingen til varmt vann i en Temperfect termos med en vanlig termos av merke Bodum. Vi ser at Temperfect holder varmen til vannet i en behagelig temperatur mye lengre enn Bodum termoskoppene. Ja man får lyst til å kjøpe en.

## I. INTRODUKSJON

I en verden hvor alt dreier seg om kaffe, så hadde det vært fint med en flaske som klarer å holde kaffen god og varm over lengre tid. De fleste vil bruke en termos for å løse dette problemet, men ulempen er da at kaffen er oftest for alt for varm og man ender opp med å brenne tunga om man er i et hastverk. Termosen Temperfect derimot klarer å løse dette problemet. Med et fase forvandlende materiale (PCM for Phase Change Material) i mellom den indre og ytre vegg til termosen, så klarer Temperfect å holde temperaturen til kaffen rundt en behagelig 60°C. Se Figur 1.

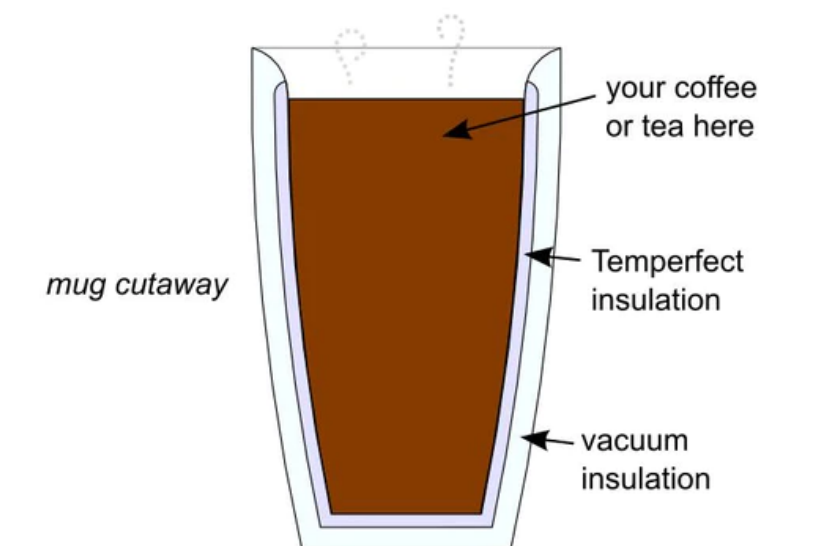


FIG. 1. En skisse av hvordan Temperfect er bygd. Hentet fra [1]

Varmen som trengs for at PCMen skal smelte blir absorbert hyppig, og man ender opp med at temperaturen til kaffen synker fort til en behagelig temperatur. Denne temperaturen vil tilsvare smeltetemperaturen til PCMen,  $T_m$ . Etterhvert som temperaturen til kaffen synker, så vil PCMen avgi varme tilbake til kaffen ved å krystallisere seg tilbake. På denne måten vil temperaturen holde seg behagelig over lengre tid [1]. Å finne ut av hvor stor forskjell dette faktisk har å si er interessant å finne ut av. Vi skal derfor se på hvordan temperaturen til nesten kokende vann forandrer seg i en vanlig termos (av type Bodum) og i en fancy Temperfect.

Først skal vi se på hvordan temperaturen utvikler seg i den vanlige termosen (Bodum). Vi antar at temperaturfordelingen i termosen er uniform og at varme tapet fra vannet skyldes kun konduksjon igjennom vegg på termosen. En sketsj av systemet er vist i Figur 2. Med disse antagelsene har vi følgende relasjon:

$$\frac{\Delta T}{\Delta T_0} = e^{-t/\tau}$$

hvor  $\Delta T = T_w - T_a$  er forskjellen mellom temperaturen i vannet (*water*) og luften (*air*).  $\Delta T_0$  er initial temperatur forskjellen,  $t$  er tiden og  $\tau$  er en tidskonstant. Denne sammenhengen kan skrives om på forskjellige måter:

$$\Delta T = e^{-t/\tau} \Delta T_0$$

$$\ln(\Delta T) = \ln(e^{-t/\tau} \Delta T_0)$$

$$\ln(T_w - T_a) = -\frac{1}{\tau}t + \ln(\Delta T_0) \quad (1)$$

$$e^{\ln(T_w - T_a)} = e^{-t/\tau + \ln(\Delta T_0)}$$

$$T_w = e^{-t/\tau} \Delta T_0 + T_a \quad (2)$$

Likning (2) er kun-konduksjon-modellen vår for temperaturen til vannet i Bodum termosen. Vi ser fra likning (1) at den naturlige logaritmen til temperatur forskjellen er en lineær funksjon av tiden  $t$  med stigningstall  $-1/\tau$  og konstantledd  $\ln(\Delta T_0)$ . Hvis vi antar at temperaturen i luften ( $T_a$ ) er konstant, så vil vi altså kunne få et mål på  $\tau$  hvis vi vet hvordan temperaturen i vannet ( $T_w$ ) forandrer seg over tid. Det eneste vi trenger å gjøre er å ta en lineær regresjon av  $\ln(T_w - T_a)$  slik at vi får stigningstallet  $-1/\tau$ . Den negativt inverse av dette gir oss  $\tau$ . Med dette har vi alt vi trenger for å illustrere en kun-konduksjon-modell for temperaturen til vannet i Bodum termosen som vi skal måle.

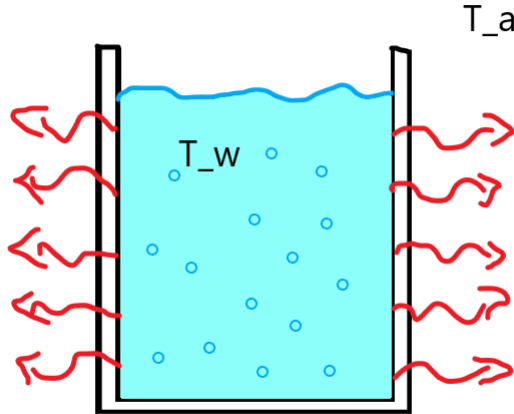


FIG. 2. Sketsj av en vanlig termoskopp og varmeoverføringen dens.

Varmetap kommer også iform av varme som blir tapt til omgivelsene. Dette varmetapet kan vi finne ved å se på temperaturforskjellen til vannet og benytte følgende sammenheng:

$$\Delta Q = mc_v \Delta T_w \quad (3)$$

hvor  $m$  og  $c_v$  er massen og den spesifikke varmekapasitansen til vannet, og  $\Delta T_w$  er temperatur endringen i vannet.

## II. RESULTAT OG DISKUSJON

Fra eksperimentet får vi en temperaturutviklingen til de to termoskoppene som vist i Figur 3. Temperaturen i rommet var  $T_a = 22^\circ C$ . De to lodrette linjene ved  $t = 0$  skyldes av at termostatene ble satt på før vannet ble helt i koppene. Initial temperaturen til vannet for Bodum termosen er  $T_{w_0} = 88^\circ C$  og for Temperfect er den  $T_{w_0} = 79^\circ C$ . Dette gir henholdsvis initial temperatur forskjellene  $\Delta T_0 = 66^\circ C$  og  $\Delta T_0 = 57^\circ C$  med  $T_a = 22^\circ C$ .

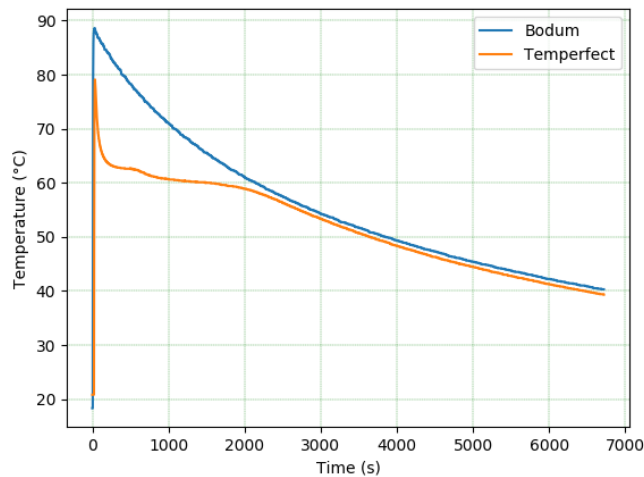


FIG. 3. Temperaturen i vannet ( $T_w$ ) for de to termoskoppene fra eksperimentet.

### A. Kun-konduksjon-modellen

Som sagt innledningsvis får vi kun-konduksjon-modellen for Bodum koppen ved å ta en lineær regresjon for å finne  $\tau$  og benytte denne i likning (2). Lineær regresjonen av temperaturen til Bodum koppen gir  $\tau = 5506s$ , som vi setter inn likning (2) og plotter ved siden av Bodum-grafen. Se Figur 4.

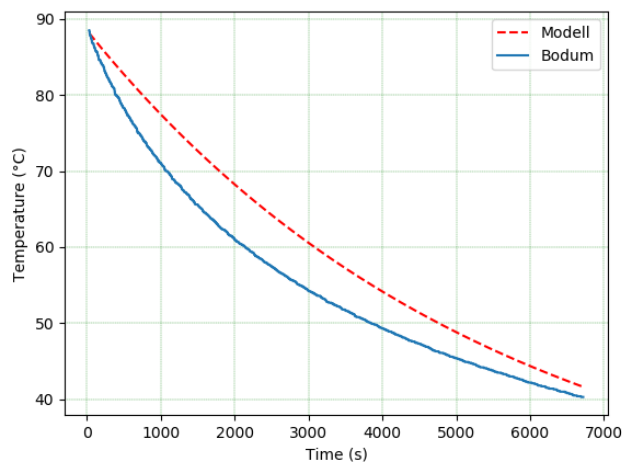


FIG. 4. Temperaturen i vannet ( $T_w$ ) for Bodum sammenliknet med kun-konduksjon-modellen.

Vi ser at grafene er nærmere hverandre, men ikke helt like. Temperaturene til kun-konduksjon-modellen ligger noe høyere enn de som ble målt i Bodum-koppen. Dette betyr at konduksjon-modellen vår representerer et system som

har bedre varmebevaring (slipper ut mindre varme) enn det virkelige systemet. Dette må skyldes av at vi så bort ifra varmen som blir tapt av den omkringende luften i rommet. Hadde vi klart å tatt med dette i modellen vår, så ville grafene mest sannsynlig ha ligget nærmere hverandre.

### B. Temperfect: Smelting og krystallisering

For å studere temperaturen til vannet i Temperfect litt nærmere plotter jeg grafen frem til  $t = 3000s$ , som vist i Figur 5. Fra figuren ser det ut som temperaturen til vannet først stabiliserer seg rundt tidsrommet  $t \in [300, 500]$ . Dette må være smeltetemperaturen til PCMen, som vi regner ut til å være  $T_m = 63^\circ C$ . Vi ser også fra Figur 5 at temperaturen synker gradvis fra  $t = 500s$  bort mot  $t = 2000s$ , før den synker enda kjappere. Denne mellomperioden må være perioden hvor PCMen går fra å være flytende til å bli solid igjen.

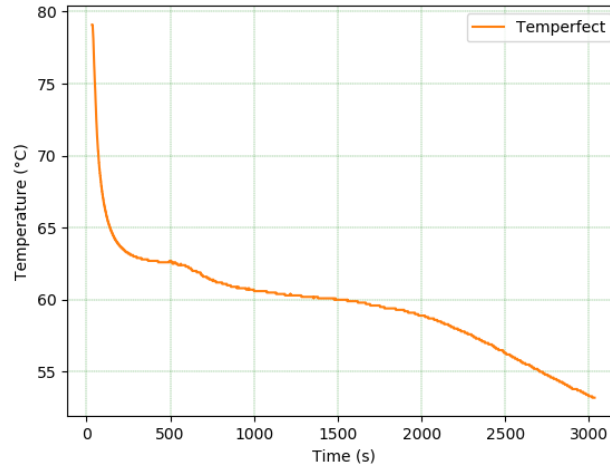


FIG. 5. Vanntemperaturen i Temperfect koppen.

Mengden varme som ble lagret i PCMen kan vi finne ved å heller se på varmen vannet taper under faseovergangen. Dette vil tilsvare å finne varmen vannet mister til omgivelsene, og vi kan dermed bruke likning (3). I dette tilfellet er  $\Delta T_w$  temperaturforskjellen til vannet før og etter faseovergangen. Vi har altså at varmen lagret i PCMen er:

$$\Delta Q = (0.0003m^3 \cdot 997kg/m^3) \cdot 4.2J/kg^\circ C \cdot (79 - 63)^\circ C = 20J$$

Denne varmen blir så overført tilbake til vannet når PCMen krystalliserer.

### III. METODER

For å utføre eksperimentet ble to stål termos, en Temperfect termos og en Bodum termos, fylt med 3dl =  $0.0003m^3$  nesten kokende vann. Temperaturen i rommet under eksperimentet var  $T_a = 22^\circ C$ . Temperaturen til vannet i termosene ble målt med to separate termometre gjennom lokk åpningene til termosene. Temperaturen ble altså målt uten lokket på termosene.

### IV. KONKLUSJON

Vi ser fra grafen i Figur 3 at Temperfect termosen har de egenskapene som beskrevet innledningsvis. Temperaturen til vannet synker hyppig ned til en temperatur rundt  $63^\circ C$ . Den klarer også å holde denne temperaturen ganske bra over en tidperiode på  $t = 2500s$ , ca 42 minutter. Etter dette følger temperaturen til vannet i Temperfect og Bodum hverandre likt. Hvis man ikke klarer å vente 40 minutter før kaffen din er god nok drikketemperatur, så er Temperfect valget man bør ta.

## Appendix A: Konsept spørsmål

- 1a)** Siden volum synker og ingen varme er frigjort, så må trykket øke.
- 1b)** Temperatur øker ettersom  $T \propto U$  og  $U = W$  hvor  $W > 0$ .
- 1c)** Gasmolekylene treffer veggene mer og beveger seg forttere. Dette vil føre til mer kraft som virker på veggene per areal, som øker trykket. Ettersom molekylene beveger seg forttere, så vil temperaturen øke.
- 1d)** Hvis temperaturen blir høy nok kan frihetsgradene øke som igjen øker den totale termiske energien til gassen.
- 2a)** I dette tilfellet forandrer ikke energien på systemet seg ( $\Delta U = 0$ ), altså  $W = -Q$ . Arbeidet som blir gjort forsvinner som varme. Molekylene vil ikke merke noe forskjell, de beveger seg ikke raskere.
- 2b)**  $P = NkT/V$  hvor volumet minker og temperaturen er konstant, så trykket må øke.
- 2c)** Molekylene treffer veggene hyppigere, men hastigheten til dem er det samme. Trykket øker ikke av at kraften på veggene øker, men av at areal minker.
- 2d)** Nei, ingenting annet endrer seg.
- 3a)**  $U = \frac{f}{2}NkT \rightarrow \frac{U}{N} = \frac{f}{2}kT$ .  $T$  er lik for begge og  $f$  er også lik  $f = 5$  for begge (3 for hastighet og 2 for rotasjon), hvor vi ser bortifra vibrasjon. Altså de har samme energi per molekyl.
- 3b)** Siden vann er væske, så vil molekylene være mer koblet til hverandre enn det i luft som er en gass. Vann molekylene vil da ha mer potensiell energi enn luft molekylene i form av bindinger mellom vann molekylene.
- 3c)** Siden den totale energien er lik for vann og luft molekylene, og den potensielle energien i vann molekylene er større enn i luft molekylene, så må den kinetiske energien til luft molekylene være større enn vann for at bevaring av energi skal være tilfredstilt.
- 3d)** Termisk likevekt. De varme molekylene vil treffe de kalde og fordele energien sin.
- 3e)** Hvis vi antar at volumet også er konstant, så vil trykket øke. Molekylene får økt energi og vil dermed starte å bevege seg raskere.
- 3f)** Isen holder seg på 0 grader Celsius til den har fått nok varme til å begynne å smelte. Isen som er smeltet til vann vil så starte å øke temperaturen sin.

## Appendix B: Referanser

- [1] <https://joeveo.com/pages/the-temperfect-mug>