

KVÄVETS ÅNGBILDNINGSVÄRME OCH
”HEMLIGA LÅDAN”
EN INTRODUKTION FÖR LABORATIONSASSISTENTER

TERMODYNAMIK
SI1121

Alla korrigeringar eller förbättringar kan göras via källkoden på
<https://github.com/srydell/termolabHandbook>

5 december 2017

1 Säkerhet

- Det är viktigt att bara assistenten hanterar kvävet.
- Ta inte i kvävet
- Använd skyddsglasögon
- Då kvävet är i flytande form så sug det upp av porösa material såsom kläder, trasor osv.
- Viktigt att inte starta nätaggregatet innan resistorn förs ner i kvävet. (Värmeöverföring $\propto \Delta T$, gasen som bildas måste ta vägen någonstans och kommer därför potentiellt få resistorn att åka ur kärlet och skada dig eller närmaste student)
- Täck ej över behållaren
- Var försiktig så inte kretsen kortsluts mot behållarens väggar
- Assistenten är den som startar kretsen

2 Studentens arbetsuppgifter

- Bestämma kvävets ångbildningsentalpi
- Uppskatta felkällor
- Sätt ihop kretsen enligt figur från labbpeket
- När studenten tror att kretsen är ihopsatt så frågar hen efter assistenten för kontroll
- Se till att ingen ström är på och för *sakta* ner resistorn i behållaren
- Mät massan av kvävet med hjälp av vågen en gång per minut, i fem minuter per effekt för åtta effekter. Effekterna¹ $P = [0.2, 0.5, 1, 1.5, 2, 5, 10, 20]^2$ W. Starta med dem låga effekterna då kvävet snabbt kokar bort annars
- När alla mätvärden är tagna så ska studenterna rita ut på millimeterpapper³ $-\frac{P}{\dot{m}}$ [kJ/kg] mot $\frac{1}{P}$ [s/J]
- När alla har fått kväve och börjat mäta kan hemliga lådan starta

¹ $P = U \cdot I$

²Dessa värden är valda så att man får en ganska jämn fördelning för $1/P$

³Minustecket är för att \dot{m} är negativ

3 Hemliga lådan

En student ur varje grupp får följa med ner till assistentrummet där hemliga lådan utförs. Detta upprepas tills alla har gjort uppgiften. Den går ut på att försöka mäta den mänskliga värmeeffekten ($\approx 1 \text{ W/kg}$). Till hjälp har de en låda med en fläkt, en 75 W lampa, och en temperatursensor. Fläkten är till för att jämt fördela värmet i lådan.

Det finns många sätt att lösa denna uppgift men här är ett;

Tänd lampan och vänta tiden t . Lampan kommer då värma lådan med effekten P_l och öka temperaturen ΔT_l . Låt lådans totala mängd luft ha massan m_{luft} , och dess specifika värmekapacitet c_{luft} .

$$P_l = \frac{Q}{t} = \frac{m_{luft} c_{luft} \Delta T_l}{t}$$

På samma sätt med en människa i lådan. Vi antar här att skillnaden i massa mellan människan och luften som människan trycker ut ur lådan är liten.

$$P_m = \frac{Q}{t} = \frac{m_{luft} c_{luft} \Delta T_m}{t}$$

Dessa uttryck kan divideras för att få följande

$$P_m = P_l \frac{\Delta T_m}{\Delta T_l}$$

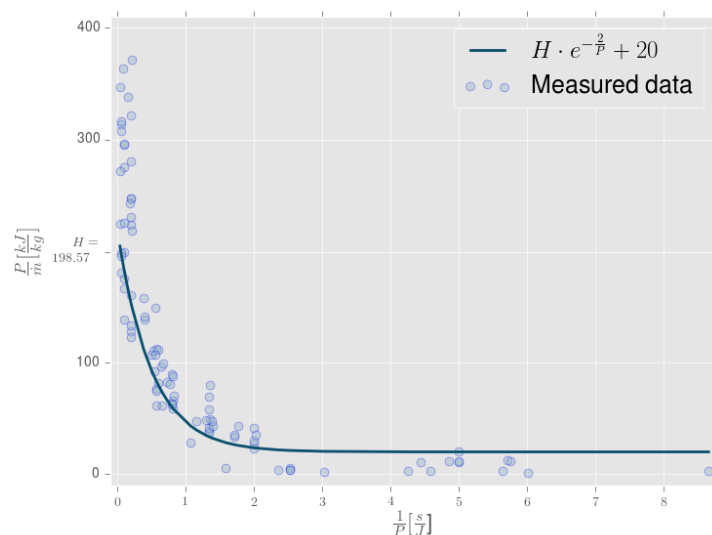
Detta tar såklart olika lång tid att lista ut, men 15 minuter för att tänka och 10 minuter för att mäta brukar fungera bra.

4 Resultat och teori

I Figur 1 visas studenters data tagen från laborationstillfällen under år 2017. Den heldragna plotten motsvarar ungefär den trend som datan borde följa. Vi ser att det riktiga värdet $H = 198.57 \text{ kJ/kg}$.⁴

Vi ser också att kurvan ej går mot noll då $P \rightarrow 0$. Detta är då omgivningens påverkan inte är noll. Däremot så är den konstant. Detta då värmeöverföringen är \propto arean (där värmeöverföringen sker), temperaturskillnaden (mellan omgivning och kväve), samt någon värmeöverföringskonstant c . Vi får således

⁴<https://en.wikipedia.org/wiki/Nitrogen>



Figur 1: Plot $-\frac{P}{m}$ mot $\frac{1}{P}$.

$$\text{Totala tillförda värmen} = \langle P \rangle t + \underbrace{cA\Delta T}_{C_0} = \langle P \rangle \left(t + \frac{C_0}{\langle P \rangle} \right) \stackrel{P \gg 1}{\approx} \langle P \rangle t$$

Alltså påverkar omgivningen relativt mindre då vi ökar P . På så sätt kan slutsatsen dras att då $P \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{1}{P} \rightarrow 0$ är där det sanna värdet för ångbildningsentalpin hittas.

5 Felkällor

Förutom den stora felkällan med omgivningens påverkan så har vi även

- Mätfel (vågen, multimetern, och avläsningsfel)
- Fördröjning i uppvärmning hos resistorn (troligtvis ganska liten)
- Uppskattning av trenden i Figur 1

6 FAQ

Dessa frågor kan också ställas till studenterna mellan mätningar.

Varför rinner kvävet av varma fasta ytor (händer, golv osv)?

Leidenfrosteffekten. När det kalla kvävet kommer i kontakt med den varma ytan så bildas ett lager vätgas som skiljer de två ytorna. Eftersom gasen leder värme sämre än vätskan så saktas ångbildningen och kvävet 'flyter' på gasen. Observera att värmeöverföringen inte stannar av helt och det är därför fortfarande farligt att ha händer i flytande kväve en längre tid.

Varför bildas ett lager frost över behållarens kant men ej under den?

Inuti behållaren så kokar kvävet och fyller därför behållaren med kvävgas. Där finns ingen vattenånga att frysa.