Denne artikkelen beskriver hvordan man med enkelt labutstyr og CASIOS grafiske kalkulatorer (FX-CG50 eller FX-9860GIII) kan etterprøve denne viktige strålingsloven.

Stefan og Boltzmans lov

Revidert juli-2021

CASIO®

Stefan og Boltzmans lov

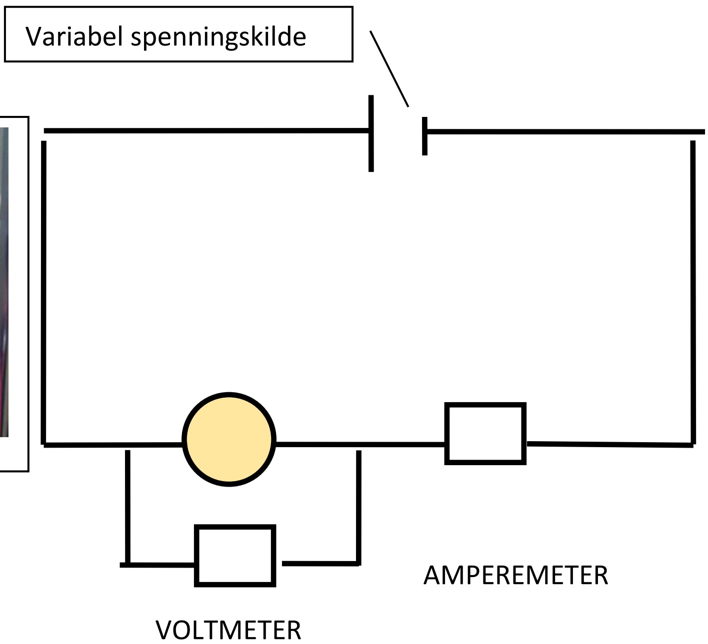
Denne artikkelen beskriver hvordan man med enkelt labutstyr og CASIOS grafiske kalkulaltorer (FX-CG50 eller FX-9860GIII) kan etterprøve denne viktige strålingsloven. Vi benytter i denne artikkelen CASIO FX- CG50 til analyse av resultatene. Mange fysikklærere har opplevd at ei lyspære egner seg dårlig til å demonstrere Ohms lov. Motstanden i lyspæra er nemlig avhengig av temperaturen og dette benyttes her til å bestemme temperaturen på et filament som stråler.

I Schol Science Review des.1988 har jeg funnet følgende formel som gir sammenhengen mellom ohmsk motstand $R = \frac{U}{I}$ ***og absolutt temperatur T > 100 K og hvor R_0 er ohmsk motstand ved romtemperatur. Forholdet mellom motstanden R ved temperaturen T og R_0 kaller jeg Y.***

R/R_0 = Y = $9{,}12 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + 3{,}88 \cdot 10^{-3} \cdot T - 0{,}215$.   Vi løser denne andregradslikningen med hensyn på T og velger den positive løsningen. $T = 1000 \cdot \left(\sqrt{4{,}67 + 1{,}096 \cdot Y} - 2{,}127\right)$

Vi kobler ei lyspære til en strømkilde med display for både spenning og strømstyrke. I et tidligere forsøk har vi lest av spenningen 0,2 volt og strømstyrken 0,23 A. Denne motstanden kan en også måle med et multimeter innstilt på motstandsmåling.

For denne pæra er R_0 = 0,2 /0,23 ohm = 0,87 ohm
Figuren viser også en vanlig oppkobling med voltmeter og amperemeter



Når pæra lyser oppstår det en likevekt i det filamentet må avgi like mye energi per tidsenhet som det mottar. Vi kan regne med at filamentet avgir varme ved stråling og varmeledning. Ved høye temperaturer antar vi at strålingsdelen dominerer og vi vil undersøke om mottatt effekt P er proporsjonal med absolutt temperatur opphøyd i fjerde. (Stefan og Boltzmanns lov)

ANALYSE MED CG-50

Vi setter kalkulatoren i statistikk-mode og får fram 6 tomme lister.

På Liste 1 setter vi inn alle spenningsmålingene U

På Liste 2 setter vi inn alle strømmålingene. Deretter kan vi fylle opp de andre listene:

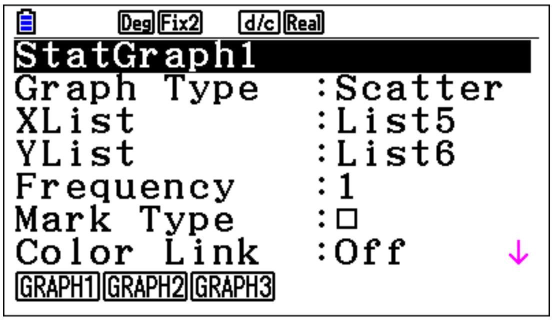
En stiller seg på toppen av List 3 og velger OPT LIST List1/(List2) Da vil de aktuelle

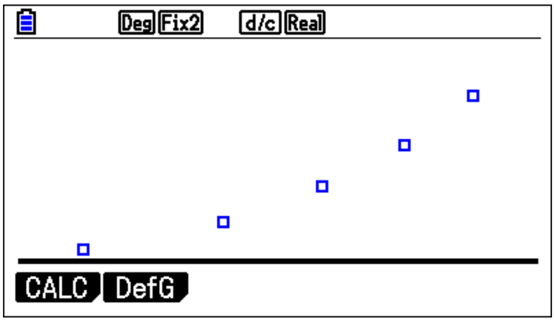
List 4= List3/R_0 Vi går så til toppen av Liste 5 og slår inn: $1000(\sqrt{(4.67+1.096\text{List4})}-2.127)$

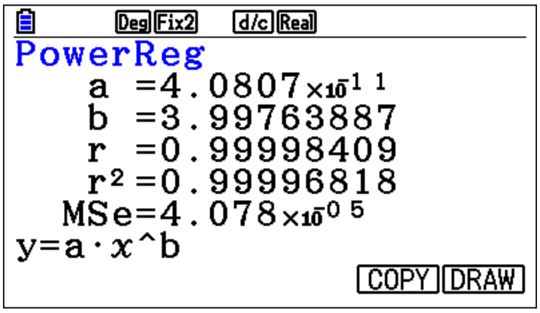
Dermed får vi den absolutte temperatur plassert i Liste 5. Liste 6 = List1·List2 ; effekten P.

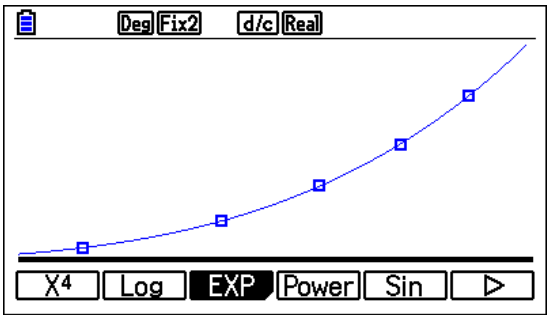
	List 1	List 2	List 3	List 4	List 5	List 6
SUB	U	I	R	Y	T	P
1	1.5	0.99	1.5151	1.7415	437.9	1.485
2	3	1.44	2.0833	2.3946	573.83	4.32
3	4.5	1.8	2.5	2.8735	669.32	8.1
4	6	2.1	2.8571	3.284	748.64	12.6
5	7.5	2.37	3.16	3.64	815.2	17.78

Regresjon:









Vi får med dette enkle forsøket bekreftet Stefan og Boltzmans strålingslov. Vi kan også finne en tilnærmet verdi for diameter og lengde for filamentet. Vi tenker oss at filamentet kan trekkes ut til en lang sylinder med lengde l og diameter 2r.

Motstanden $R = \rho \dfrac{l}{\pi r^2}$ (i) og utstrålt effekt $P = \sigma \cdot 2\pi \cdot r \cdot l \cdot T^4$ hvor $2\pi \cdot r \cdot l$ er overflaten til sylinderen. Vi bruker verdien R_0 = 0,87 ohm og $\rho = 4{,}9 \cdot 10^{-8}\ \Omega\text{m}$ (fra fysikktabellen)

Konstanten a fra regresjonen er gitt ved $a = \sigma \cdot 2\pi \cdot r \cdot l$ (ii) med $\sigma = 5{,}7 \cdot 10^{-8}\ \text{W/m}^2\text{K}^4$

Ved å løse disse likningene (i) og (ii) med hensyn på r og l finner :

$$l = \sqrt[3]{\frac{a^2 R}{4\pi\sigma^2 \rho}} \qquad og \quad r = \sqrt[3]{\frac{\rho \cdot a}{2\pi^2 \sigma \cdot R}}$$

som gir: l = 0,9 m og r = 0,13 mm.

Ved utregning av disse formlene benytter en selvsagt bokstavregning : S for σ R for ρ A for a

```
4.07E-11→A
                4.07E-11
4.9E-8→R
                4.90E-08
5.67E-8→S
                5.67E-08
```

og deretter l og r gitt ved :

```
³√(A²×0.87/4πS²R)
              9.00E-01
³√(AR/(2π²S×0.87)
              1.27E-04
```