

Regneøving 9.

(Veiledning: Onsdag 23. oktober kl. 16.15-18.00.)

Denne øvinga tar for seg varmeutvidelse, oppvarming og smelting.

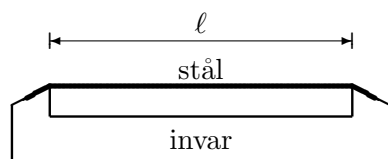
Oppgave 1. Termisk utvidelse av jernbaneskinner

Jernbaneskinner av stål, i lengder på 12 m, legges ende mot ende. Skinnene legges en vinterdag, med utetemperatur -11°C . Stålet i skinnene har lineær termisk utvidelseskoeffisient $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, og strekk-elasticitetsmodulen $E = 21 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$.

Hvor stort mellomrom må man la det være mellom tilstøtende skinnelengder ved legginga, dersom man ønsker at de akkurat skal berøre hverandre en sommerdag med temperatur 32°C ?

Og hvis man ikke hadde laget mellomrom – hva ville da trykkspenninga i skinnene ha blitt den samme sommerdagen – hvis skinnene holdt seg på plass og ikke bestemte seg for å lage solslyng i stedet?¹

Oppgave 2. Streng med termisk strekk²



En tynn ståltråd er strukket på en ramme av invar – en jern-nikkel legering med svært lav varmeutvidelseskoeffisient. Ved romtemperatur $T_1 = 20^{\circ}\text{C}$ er lengden av ståltråden (mellom opplagringsspunktene) $\ell = 0,50 \text{ m}$, og klimprer man på strengen, svinger den med en grunnfrekvens $f_1 = 206 \text{ Hz}$. Tas så det hele ut i trøndersk februar kulde på $T_2 = -10^{\circ}\text{C}$ – og man venter til alt er kjølt ned til termisk likevekt – gir klimpringa en grunnfrekvens $f_2 = 225 \text{ Hz}$.

OBS: I denne oppgaven velger vi å bruke σ i stedet for T for strekkspenning, da T brukes for temperaturen.

- a) Hva er strekkspenningene σ_1 og σ_2 i tråden ved de to temperaturene?
- b) Og hvor stor er den lineære varmeutvidelseskoeffisienten α for stålet i tråden?³

OPPGITT: Se neste side.

¹ $\Delta\ell = 6,2 \text{ mm}$, $p = 1,08 \cdot 10^8 \text{ Pa}$.

²Lett modifisert utgave av oppgave gitt til kontinuasjonseksamen august 1998

³Fasit: $\alpha = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

$v = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$	bølgehastighet på tynn streng – σ er strekkspenninga, ρ massetetthet.
$\rho_{\text{stål}} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$	massetettheten til stål.
$E_{\text{stål}} = 20 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$	strekkmodulen for ståltråden.
$\alpha_{\text{invar}} = 0,90 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	varmeutvidelseskoeffisienten for invar.
$\frac{\Delta \ell}{\ell} = \frac{1}{E} \cdot \sigma$	definisjon av strekkmodulen E .
$\frac{\Delta \ell}{\ell} = \alpha \cdot \Delta T$	definisjon av varmeutvidelseskoeffisienten α .

Oppgave 3. Tevann

Ei aluminium tekanne med vekt 1.5 kg, fylt med 2.5 ℓ vann med temperatur 12°C, settes på ei kokeplate med effekt 1.5 kW.

Se bort fra varmetap til omgivelsene, og beregn hvor stor varmemengde Q som må tilføres kjele + vann for å varme det hele opp til vannet koker.

Angi Q i enheter [J] og [kWh].

Finn så tida t det tar fra kjelen settes på, til det koker.⁴ Anta ‘hurtigplate’ - det vil si at platen blir varm instantant. Og angi t i den enheten du ville brukt hvis noen spurte deg ‘hvor lenge er det til teen er ferdig?’

Effekten for kokeplata er oppgitt for en nominell nettspenning på 230 V. Hva er da resistansen R [Ω] i varmespiralen i plata?⁵

Og hvor mye lengre tid ville det ta å koke opp vannet hvis nettspenningen falt til 220 V?

OPPGITT:

Varmekapasiteten for vann: $C_{\text{H}_2\text{O}} = 4.19 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

Varmekapasiteten for aluminium: $C_{\text{Al}} = 0.91 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

Elektrisk effekt: $P = U \cdot I = R \cdot I^2 = U^2/R$

(U er spenning, I er strømstyrke or R er resistens eller motstand som måles i henholdvis V(olt), A(mpère) og Ω (Ohm). 1 W=1 VA og 1 Ω =1 V/A.)

Oppgave 4: Smelting av is

Et isolert kar med neglisjerbar masse inneholder et volum $V = 0.25 \ell$ vann med temperatur $T_1 = 75^\circ\text{C}$. Is med temperatur $T_{\text{is}} = -20^\circ\text{C}$ tømmes i vannet – og det røres til alt har fått samme temperatur – til temperaturen på blandingen er falt til $T_2 = 40^\circ\text{C}$. Hvor mye is m_{is} [kg] har det gått med?⁶

Finn fortrinnsvis et algebraisk uttrykk for m_{is} først, og sett inn tallverdier til slutt.

OPPGITT:

Varmekapasiteten for is: $C_{\text{is}} = 2.0 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

Smeltevarmen for is: $L_{\text{is}} = 334 \text{ kJ/kg}$.

⁴Svar: ca. 12. minutter.

⁵Svar: 35.3 Ω .

⁶Svar: 0.068 kg.