

Mandag 23 mars 09 Konveksjon og varmestraling

Energitransport i væsker og gass forårsaket av strømming (av væske/gassen) kalles konveksjon.
(varmeovergang)

- * oppvarming av vann i en kjele : vannet får en jevn temp. p.g.a at vannet strømmer rundt i kjele. varmt og kjølig vann blandes.
- * Radiator

Varmestrom ved konveksjon er proporsjonal til overflatearealet A og proporsjonal $(\Delta T)^{5/4} = \Delta T \cdot \Delta T^{1/4} = \Delta T \cdot \sqrt[4]{\Delta T}$.

$$\begin{aligned}\phi &= \text{konst.} \cdot A \cdot \Delta T \cdot (\Delta T)^{1/4} \\ &= h \cdot A \cdot \Delta T\end{aligned}$$

$$h = \text{konst.} \cdot (\Delta T)^{1/4}$$

areal A

Horisontal flate
i luft

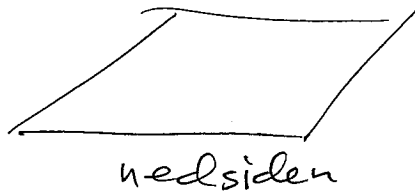
$$\Delta T = T_{\text{flaten}} - T_{\text{luft}}$$



oppsiden $h = 2.5 \cdot (\Delta T)^{1/4}$
når $\Delta T > 0$

$$h = 1.3 \cdot (\Delta T)^{1/4}$$

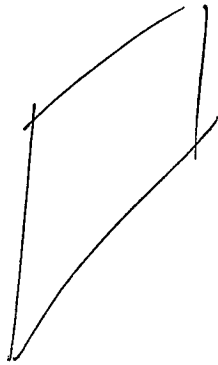
når $\Delta T < 0$



$$h = 1.3 (\Delta T)^{1/4} \quad \Delta T > 0$$

$$h = 2.5 (|\Delta T|)^{1/4} \quad \Delta T < 0$$

Vertikal



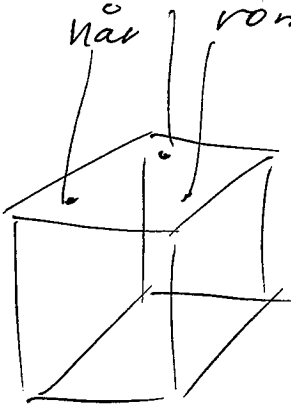
$$h = 1.8 \cdot (|\Delta T|)^{1/4}$$

Eksempel

En kube med sider ~~som~~ av lengde 1m. Kuben har temperatur 50°C og henger i fra taket i tre tynne snorer (som ikke leder varme).

Undersiden er parallell med gulvet

Hva er varme tapet forårsaket av konveksjon når romtemperaturen er 20°C?



1 horisontal side vendt opp
 =
 vendt ned

4 vertikale sider

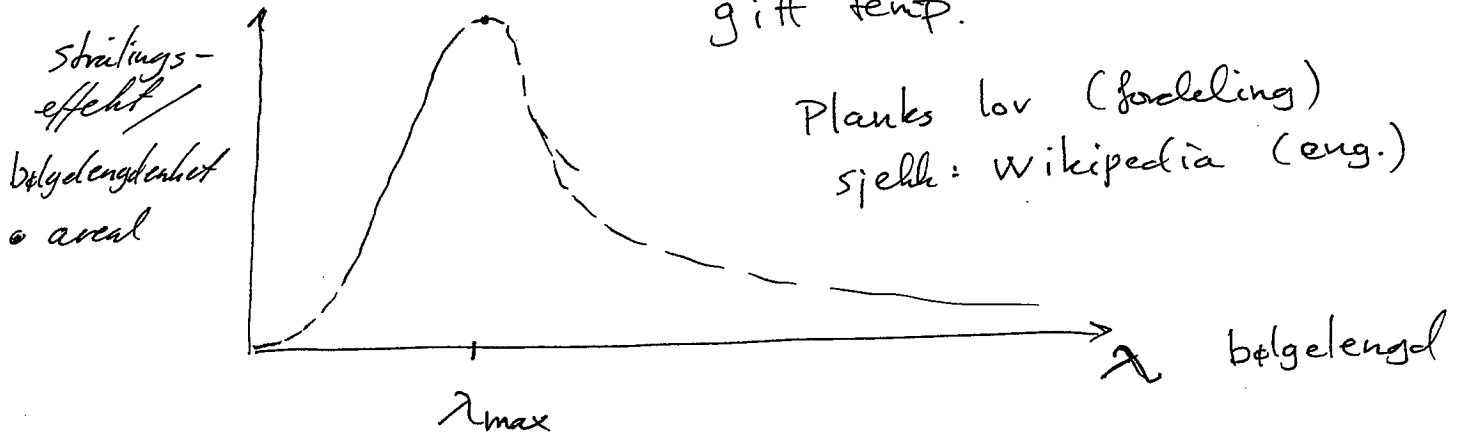
Alle med et areal A på 1m².

$$(2.5 + 1.3 + 4 \cdot 1.8) \cdot (\Delta T)^{5/4} \cdot A = (10.9) (30)^{5/4} \cdot 1 \text{m}^2$$

$$= \underline{\underline{7.6 \cdot 10^2 \text{ W}}}$$

Legemer stråler ut elektromagnetisk stråling.

gitt temp.



Wiens forskyvningslov

$$\lambda_{\text{maks}} = B \cdot \frac{1}{T}$$

$$B = 2.8978 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$$

(meter · Kelvin)

Synlig lys : 400 – 700 nm
violett rødt.

overflate temp. på sola 5800 K

λ_{max} (for T = 5800 K) er 500 nm

Et (perfekt) sort legeme absorberer all
elektromagnetisk stråling (som blir sent på det)

Stefan-Boltzmanns lov:

Stråling fra et sort legeme (per arealenhed
av legemet)

$$\Phi = \sigma \cdot T^4$$

σ Stefan-Boltzmanns konstant

$$\sigma = \underline{5.67 \cdot 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}}$$

For legemer som ikke er sorte legemer

$$\Phi = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

$$0 < \epsilon < 1$$

glatt
og reflekterende
legeme

sort legeme

Kirchhoffs lov

Ved termisk likevekt er utstråling lik absorpsjon
til et legeme.

"En god stråler er en god absorber."

Sort og matt
ovn av aluminium.

Den står vertikalt

Det er 1 m

$27^\circ\text{C} = 300\text{ K}$

Akta ovnen

holder en temperatur på $67^\circ\text{C} = 340\text{ K}$.

Hvor stort er energiforbruket (per tidsenhet) til ovnen?

~~Varmeledning~~

$$\lambda_{\text{luft}} = 0.024$$

~~Konveksjon~~
varmeledning

$$\lambda_{\text{luft}} \cdot 2 \cdot A \cdot (1\text{ m}) \cdot 40\text{ K} \\ = 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A$$

Varmestråling

$$\sigma (T_{\text{ovn}}^4 - T_{\text{rom}}^4) 2A \\ \sigma ((340\text{ K})^4 - (300\text{ K})^4) \cdot 2A \\ \sim 596 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A$$

Konveksjon $1.77 \cdot (40\text{ K})^{5/4} \cdot 2A \sim 356 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A$

Hvis ovnen var $107^\circ\text{C} = 380\text{ K}$ isted
(ΔT doubles), da får vi :

$$\Phi_{\text{ledning}} \sim 4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A$$

$$\Phi_{\text{konveksjon}} \sim 846 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A$$

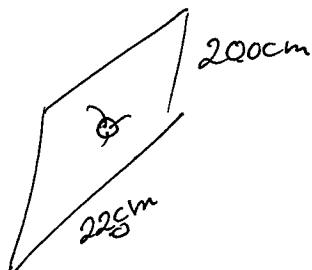
$$\Phi_{\text{stråling}} \sim \sigma ((380)^4 - (300)^4) \cdot 2A \sim 1450 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A$$

$$\text{Effektforbruket } \Phi = \Phi_{\text{ledning}} + \Phi_{\text{konveksjon}} + \Phi_{\text{stråling}}$$

2003

28 mai

#3



$$T_{\text{Aer}} = 85^\circ$$

$$T_{\text{luft}} = 30^\circ$$

$$\Delta T = 55 \text{ K}$$

$$\phi = \phi_{\text{stråling}} + \phi_{\text{konveksjon}}$$

$\epsilon \sim 1$
Kjøleplata er
nært sett sort
legeme.

$$= \sigma (T_{\text{Aer}}^4 - T_{\text{luft}}^4) 2A$$

$$+ 1.77 (\Delta T)^{5/4} \cdot 2A$$

$$2A = 2 \cdot 0.200 \text{ m} \cdot 0.220 \text{ m} = 0.088 \text{ m}^2$$

Setter inn og får

$$\phi = \underline{63 \text{ W}}$$

b) $\phi = R \cdot \Delta T$ R termisk resistanse

R øker når ΔT øker.

$$\phi = 2A \cdot \sigma \left((T_{\text{luft}} + \Delta T)^4 - T_{\text{eff}}^4 \right) + 1.77 \cdot 2A \cdot (\Delta T)^{5/4}$$

$$R = \frac{\phi}{\Delta T} = 2A \left[\sigma \left(4T_{\text{luft}}^3 + 6T_{\text{luft}}^2 \cdot \Delta T + 4T_{\text{luft}} \cdot \Delta T^2 + \Delta T^3 \right) + 1.77 \cdot \Delta T^{1/4} \right]$$

Dette øker når $\Delta T > 0$ øker.