

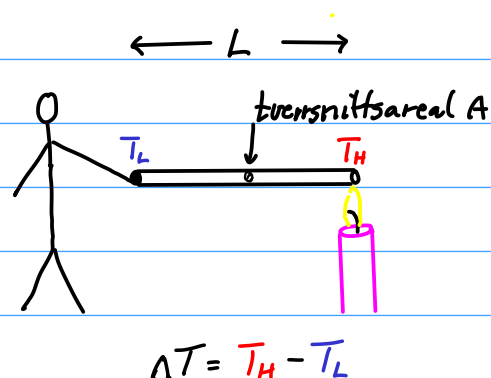
Varmetransport

- 1) Varmeledning
- 2) Konveksjon
- 3) Fordampning/faseoverganger
- 4) Varmestråling

1) Varmeledning

Def. varmestrom: $H = \frac{Q}{t} = \frac{\text{varme}}{\text{tid}}$

Viser seg at: $H = \lambda A \frac{\Delta T}{L}$
↑
varmeledningsevne



Enhet: $[H] = \frac{[Q]}{[t]} = \frac{J}{s} = W$

$$[\lambda] = \frac{W}{mK}$$

Hus: Varmeledningsevnen til vinduer, vegger, osv måles i U-verdi: $U = \frac{\lambda}{L}$

F.eks. for en vegg: $H = UA\Delta T$

Eks: Et eldre hus har

vindu $U = 5 \frac{W}{m^2K}$, $A = 4 m^2$

vegg $U = 1 \frac{W}{m^2K}$, $A = 20 m^2$

Bør du prioriterer å bytte ut vinduet, eller etterisolere vegg? Anta $\Delta T = 20K$ (feks. $20^\circ C$ inne og $0^\circ C$ ute).

Vindu: $H = UA\Delta T = 5 \cdot 4 \cdot 20 W = 400 W$

Vegg: $H = UA\Delta T = 1 \cdot 20 \cdot 20 W = 400 W$

Like viktig, gjør begge deler.

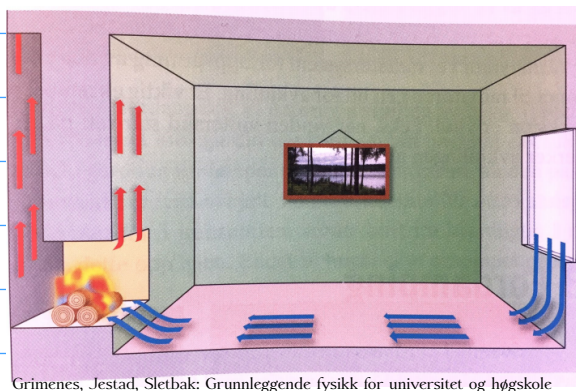
Varmeledningsevne for noen stoffer	λ W/(Km)
Diamant	2000
Kopper	400
Aluminium	240
Rustfritt stål	17
Betong	1,7
Glass	0,80
Vann	0,60
Tre (gran furu)	0,12
Sponplate	0,12
Isopor	0,08
Mineralull	0,036-0,060
Skumplast	0,036-0,060
Luft	0,026

Eks: Nattsenking, senking av temp når du er borte.

En utbredt oppfatning: "Det lønner seg ikke å skru av for mye varme når boligen ikke er i bruk, for da kreves det desto mer energi for å få opp temperaturen igjen."

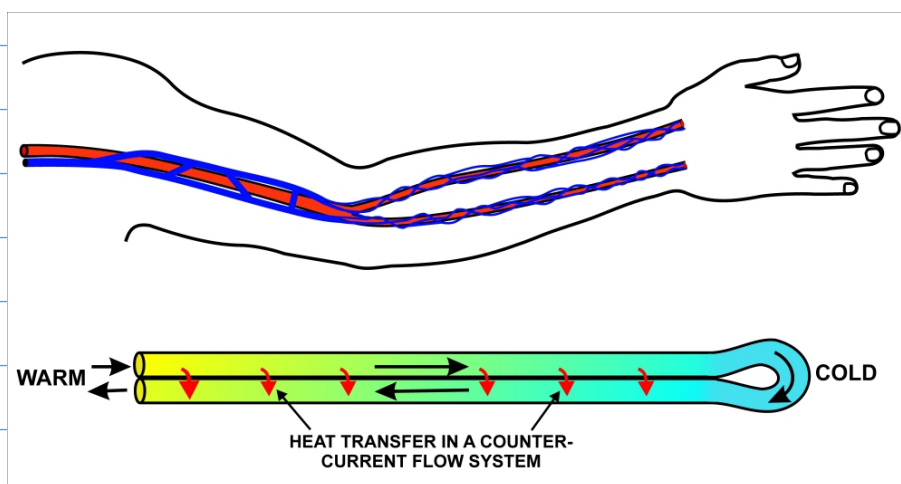
Stemmer dette? Hint: Se på uttrykket for varmestrom ut av huset.

2) Konveksjon : luftstrøm, vind, strøm av vann, ...



Grimenes, Jestad, Sletbak: Grunnleggende fysikk for universitet og høyskole

Eks: Varmevekslere



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arm_countercurrent_flow.jpg

3) Fordampning

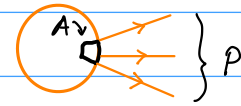


<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TranspirationPerspirationCommonsFL.jpg>

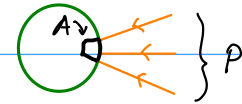
4) Varmestråling



Utstrålingstetthet: $M = \frac{P}{A} = \frac{\text{utstrålt effekt}}{\text{areal}}$



Innstrålingstetthet: $E = \frac{P}{A} = \frac{\text{innstrålt effekt}}{\text{areal}}$



Hvor mye stråler et legeme ut?

Stefan-Boltzmanns lov:

Et legeme med temp. T : $M = \epsilon \cdot \sigma T^4$

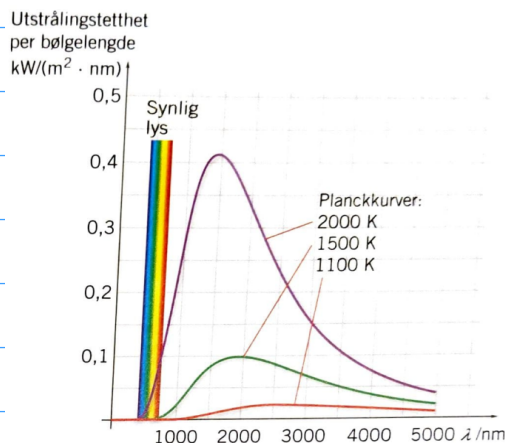
↑ Stefan-Boltzmann-konst., $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$
emissivitet $0 \leq \epsilon \leq 1$

$\epsilon = 1$ for svart legeme

$\epsilon = 0$ for perfekt speil

Hvordan spektrum stråles ut?

Plancks strålingslov:



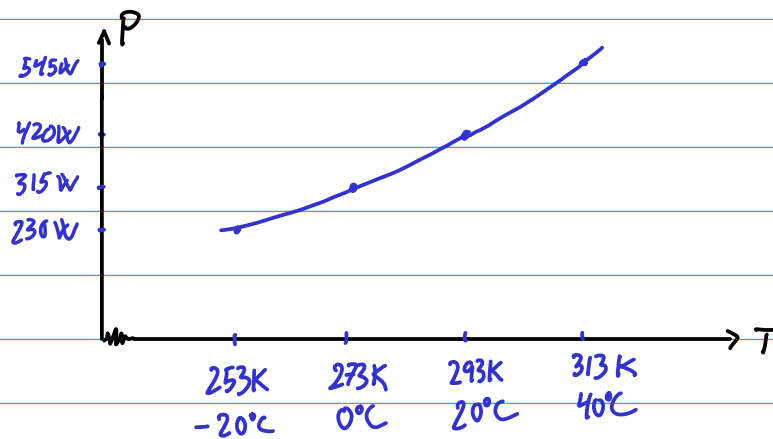
"Farge temperatur":

2700 K: som glødelampe

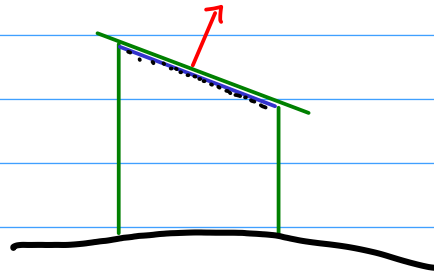
4000-6000 K: hvitt lys

Eks: Hvor mye stråler ut av et svart legeme med $A = 1 \text{ m}^2$?

$$P = MA = \sigma T^4 A, \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$



Eks: Soveskur barnehage:



Eksamen 2020:

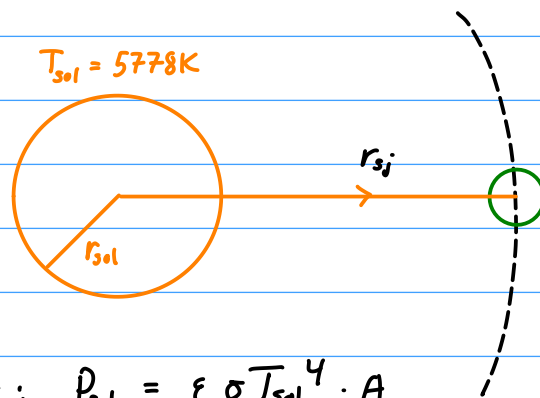
Du går på ski en fin og varm vårdag med blå himmel. Midt på dagen er snøen bløt overalt på grunn av den høye temperaturen. Ut på ettermiddagen legger du merke til at der det er åpent terreng blir snøen isete og hard selv om det fortsatt er varmegrader. I skogen, derimot, er snøen fortsatt like bløt og myk. Hvordan kan dette skje? Anta at lufttemperaturen er lik overalt.

Stikkord: Utstråling, strålingslikevekt.



Jorda og drivhuseffekten

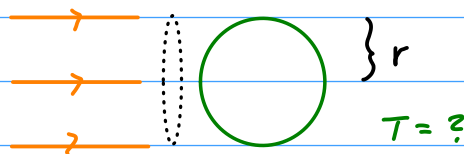
Stråling fra sola til jorda:



Totalt utstrålt effekt fra sola: $P_{sol} = \epsilon \sigma T_{sol}^4 \cdot A$
 $\approx \sigma T_{sol}^4 \cdot 4\pi r_{sol}^2$ (antar $\epsilon \approx 1$)

Innstrålingstetthet ved jorda: $S = \frac{P_{sol}}{4\pi r_{sj}^2} = \frac{\sigma T_{sol}^4 \cdot \cancel{4\pi r_{sol}^2}}{\cancel{4\pi r_{sj}^2}}$
(solarkonstanten S)
 $= \sigma T_{sol}^4 \cdot \frac{r_{sol}^2}{r_{sj}^2} = 1367 \text{ W/m}^2$,

Strålingsbalanse og jordas temp. uten atmosfære:



$$P_{inn} = S \cdot \pi r^2$$
$$P_{ut} = \epsilon \sigma T^4 \cdot 4\pi r^2 \quad (\text{anta } \epsilon \approx 1)$$

Balanse $\Rightarrow P_{inn} = P_{ut}$
 $S \cdot \cancel{\pi r^2} = \sigma T^4 \cdot \cancel{4\pi r^2}$
 $T^4 = \frac{S}{4\sigma}$
 $T = \sqrt[4]{\frac{S}{4\sigma}} = \underline{279\text{K} = 5^\circ\text{C}}$

Legg merke til at utstrålingen "stabiliserer" klimaet: Høyere T gir økt utstråling.
Med atmosfære: Slipper gjennom sollyset mer enn varmestrålingen fra jorda.
 \Rightarrow økt T slik at balansen gjenvinnes.