

Frå sst :

$$p_d(T) = p_d(T_0) \exp \left\{ \frac{l}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \right\} ; \text{ damptrykk-kurven}$$

Eks: Tørr luft om vinteren

Anta -20°C ute, $+20^\circ\text{C}$ inne, $\phi = 100\%$ ute.

Hva blir ϕ inne hvis all inneluft byttes med uteluft?

Løsn:

$$\phi = 100\% \cdot \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_d} ; \text{ her er } p_{\text{H}_2\text{O}} = p_d(253\text{K}) \text{ siden}$$

$$\phi = 100\% \text{ ute.}$$

$$\Rightarrow \phi_{\text{inne}} = 100\% \cdot \frac{p_d(253\text{K})}{p_d(293\text{K})}$$

$$p_d(293\text{K}) = p_d(T_0) \exp \left\{ \frac{l_f}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \right\} ; T = 293\text{K}$$

$$p_d(253\text{K}) = p_d(T_0) \exp \left\{ \frac{l_{\text{sub}}}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \right\} ; T = 253\text{K}$$

$$T_0 = T_t = 273.16\text{K}, p_d(T_0) = 612\text{Pa} \text{ (trengs ikke!)}$$

$$l_f = 45\text{kJ/mol}, l_{\text{sub}} = 51\text{kJ/mol}, R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$$

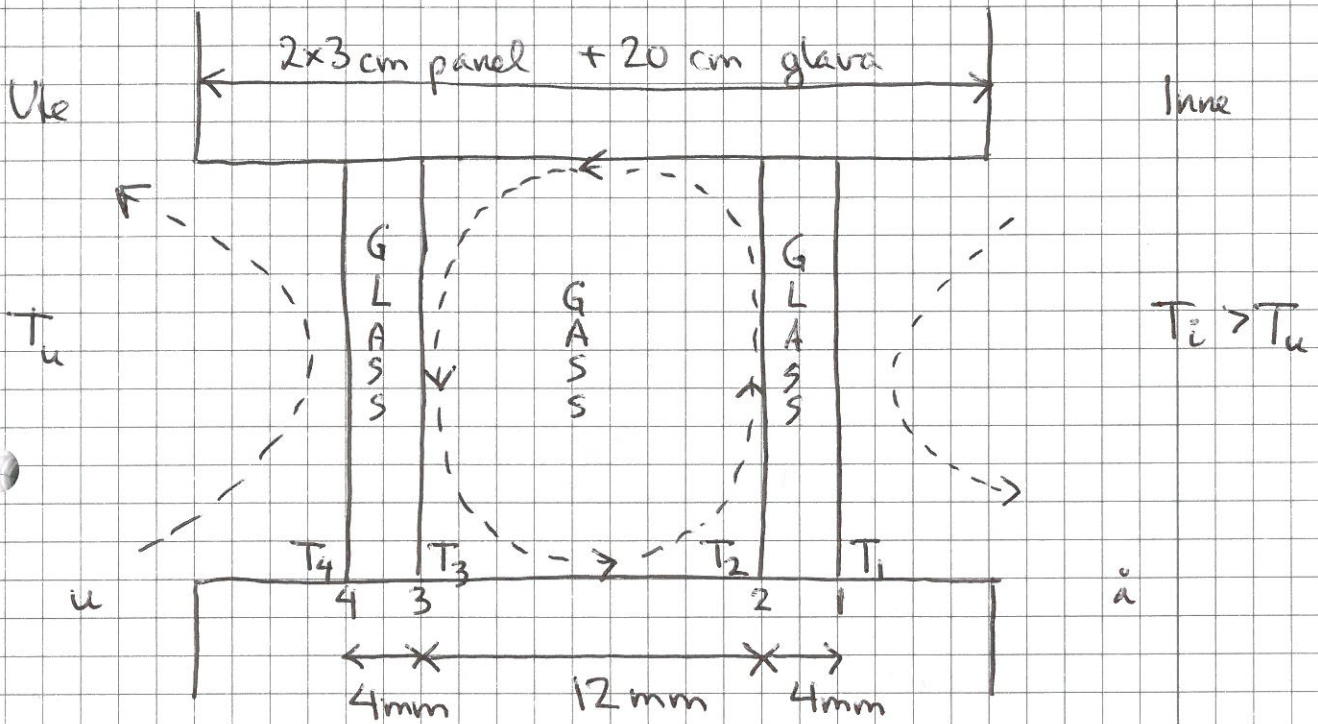
$$\phi_{\text{inne}} = 100\% \cdot \exp \left\{ \frac{l_{\text{sub}} - l_f}{R T_0} + \frac{l_f}{R \cdot 293} - \frac{l_{\text{sub}}}{R \cdot 253} \right\}$$

$$= 100\% \cdot \exp \left\{ 2.64 + 18.47 - 24.25 \right\} \approx \underline{\underline{4\%}}$$

[Problemer med for tørr luft: Tørre slimhinner, Statisk elektrisitet...
 — u — for fuktig luft: Husstrømidl, Muggjapp...]

VARMETRANSPORT [YF17; LHL18]

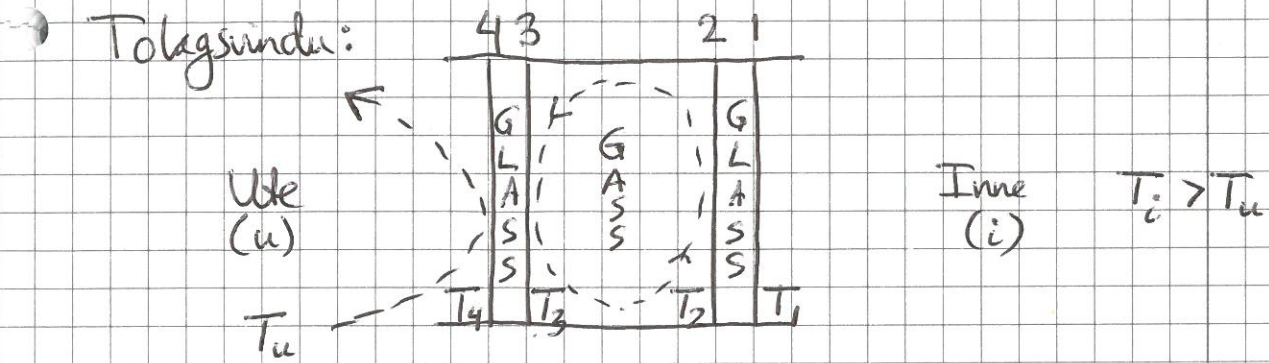
Tolagsvindu som eksempel:



Tre mekanismer:

- Konveksjon (varmeoverføring pga strømming)
- Varmeledning (forplantning av kinetisk energi på mikroskopisk nivå gjennom et medium)
- Stråling (legeme med temperatur T sender ut elektromagnetiske bølger; utsendt energi prop. med T^4)

Konveksjon [YF 17.7; LHL 18.2]



$T_2 > T_3 \Rightarrow$ gassen varmes opp, utvider seg og stiger ved 2,
— " — avkjøles, trekker seg sammen og faller ved 3

\Rightarrow sirkulasjon \curvearrowright og netto varmeoverføring fra 2 mot 3

Vind ute \Rightarrow forsterket varmeoverføring fra 4 til u

Vanskelig å regne på, men grovt sett: $|j| \sim |\Delta T|$
dvs overført varme pr tids- og flateenhet (j)
prop. med temp. forskjellen (ΔT)

Ute: $j_u = \alpha_u (T_4 - T_u)$

Inne: $j_i = \alpha_i (T_i - T_1)$

Varmeovergangstall, anslått gjennom "Byggeforskriften":

$\alpha_u = 25 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ (med vind; 5-6 m/s i snitt)

$\alpha_i = 7.5$ — " — (uten vind)

EKS: Hvis 25°C på stille, overskyet dag er "OK" i betragtning, hvz bør temp. være med 5 m/s vind? ($T_{hud} \approx 30^\circ\text{C}$)

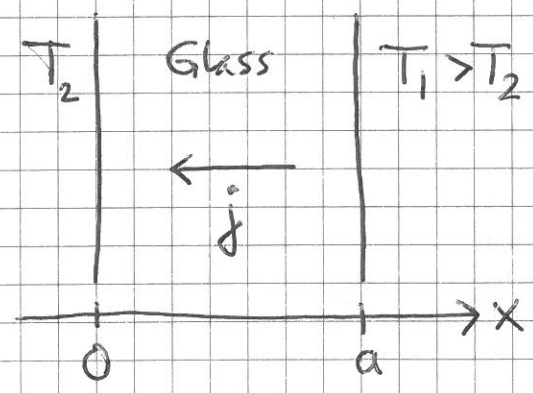
Løsni: Ønsker samme j som ved 25°C uten vind.

$$j = \alpha_i \cdot \Delta T_{stille} = 7.5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 5\text{K} = 37.5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\Rightarrow \text{Må ha } \alpha_u \cdot (30^\circ\text{C} - T) = 37.5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\Rightarrow T = 30^\circ\text{C} - 37.5/25^\circ\text{C} \approx \underline{\underline{28.5^\circ\text{C}}}$$

Varmeledning [YF 17.7; LHL 18.1]



Som ventet finner en empirisk (eksperimentelt):

$$|j| \sim \Delta T = T_1 - T_2$$

j motsatt rettet ΔT

$$j \sim 1/a$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{j = -\kappa \cdot \frac{\Delta T}{a}}}$$

κ = materialets varmeledningsevne ($\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$)

Ved stasjonære forhold (dvs: fast T ved gitt x) (III)

er j uavhengig av x (ellers netto^{varme}strøm inn i skive mellom x og $x+dx \Rightarrow T \neq \text{konst.} \Rightarrow$ ikke stasjonært)

$$\Rightarrow \frac{\Delta T}{a} = \frac{dT}{dx} \quad (= \text{konst. for materiale med gitt } \kappa)$$

$$\Rightarrow \boxed{j = -\kappa \frac{dT}{dx}} \quad \text{Fouriers lov for varmeledning (i 1D)}$$

I 3D: $\vec{j} = -\kappa \nabla T$;

der $\nabla T = \hat{x} \frac{\partial T}{\partial x} + \hat{y} \frac{\partial T}{\partial y} + \hat{z} \frac{\partial T}{\partial z} =$ gradienten til T
(= vektor som peker i den retning som T øker raskest)

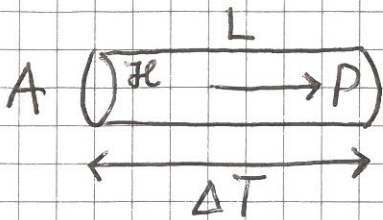
Noen tallverdier:

Stoff	Luft	Glava	Vann	Is	Glass	Tre	Stål
κ (W/m·K)	0.026	0.035	0.61	2.2	0.7-1.1	0.1-0.2	43

Glava istedoff for luft i veggene hindrer både konveksjonstap og strålingstap (se senere).

Analogier mellom Fourniers lov og Ohms lov:

Värmemotstand: $j = P/A$, $\nabla T = \frac{\Delta T}{L}$

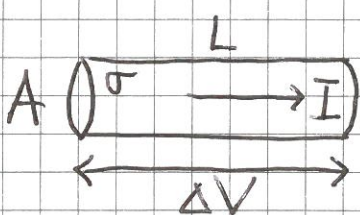


$$\Rightarrow P/A = \kappa \Delta T/L$$

$$\Rightarrow \Delta T = P \cdot R_Q$$

$$\text{med } R_Q = \frac{L}{\kappa A}; [R_Q] = K/W$$

Elektrisk motstand:



$$j = I/A, E = \frac{\Delta V}{L}, \overset{\text{Ohms lov}}{j = \sigma E}$$

$$\Rightarrow I/A = \sigma \Delta V/L$$

$$\Rightarrow \Delta V = I \cdot R \quad (\text{Ohms lov})$$

$$\text{med } R = \frac{L}{\sigma A}; [R] = \frac{V}{A} = \Omega$$

Analogier:

Størrelse	Fourniers lov	Ohms lov
drivkraft	ΔT (K)	ΔV (V)
strøm	P (J/s = W)	I (C/s = A)
resistans	$R_Q = \frac{L}{\kappa A}$ (K/W)	$R = \frac{L}{\sigma A}$ (V/A)
konduktans	$R_Q^{-1} = \kappa A/L$ (W/K)	$G = R^{-1} = \sigma A/L$ (A/V)

κ = varmeledningsevne

σ = elektrisk ledn. evne