

Øving 10

Here you can find a calculator for the properties of air and water:

<http://www.mhtl.uwaterloo.ca/old/onlinetools/airprop/airprop.html>

Væskepartiklene beveger seg i flate eller ikke-blandende lag eller strømmer, og følger en jevn, kontinuerlig bane. Denne typen strømning er kjent som:

The fluid particles move in flat or curved un-mixing layers or streams and follow a smooth continuous path. This type of flow is known as:

-Laminær strømning

Naturen til væskestrømmen er styrt av følgende parameter

(i) Gjennomsnittlig strømningshastighet

(ii) Tettheten til væsken

(iii) Den dynamiske viskositeten til væsken

Identifiser riktige påstander

Alle er rett

Konduksjon pluss væskestrømning i bevegelse er kjent som:

Konveksjon

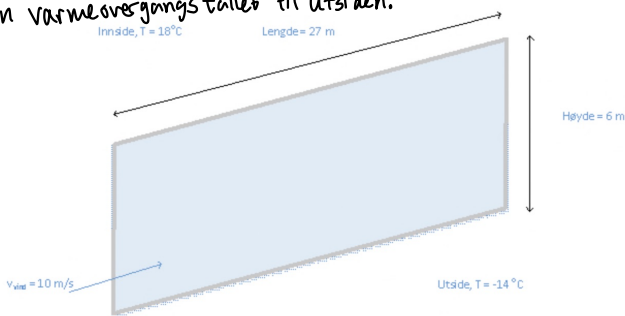
En sfære, en kube og en tynn sirkulær plate, alle laget av samme materiale og med samme masse, blir først varmet til 250°C. Når latt stå i luft ved romtemperatur, hva er deres respons på kjøling?

Størst overflateareal $\Rightarrow$ raskere avkjøling

$\Rightarrow$ Kuben vil kjøles ned fortere enn sfæren, men treigere enn den sirkulære platen.

Et av veggene i et hus er laget av glass (figur under). Luft temperaturen på innside er 18°C og på utside -11°C. Vind strømmer parallell til glassveggen med hastighet av 10m/s. Egenskapene til luft på veggstørrelsen du finner i figur og tabell under.

Beregn varmeovergangstallet til utsiden.



	innside	utside	
konduktivitet k	0.025	0.023	W/Km
dynamisk viskositet μ	1.80E-05	1.70E-05	kg / s m
tetthet ρ	1.2	1.3	kg/m ³
varmekapasitet C_p	1	1	kJ/kgK
volumetrisk ekspansjonskoeffisient β	0.00341	0.00388	

$$N_{Nu} = C \cdot N_{Re}^m \cdot N_{Pr}^{1/3}$$

$$N_{Nu} = 0,0336 \cdot N_{Re}^{0,8} \cdot N_{Pr}^{1/3}$$

$$N_{Nu} = 21600,62$$

$$\Rightarrow N_{Nu} = \frac{L \cdot h}{k} \Rightarrow h = \frac{N_{Nu} \cdot k}{L} = \frac{21600,62 \cdot 0,023 \text{ W/Km}}{27 \text{ m}}$$

$$\underline{h = 18,4 \text{ W/Km}^2}$$

Dette er tvungen konveksjon, parallell med flate (formelheftet)

$$N_{Pr} = \frac{\mu \cdot C_p}{k} = \frac{1,70 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s.m} \cdot 1 \text{ kJ/kgK}}{0,023 \text{ W/Km}} \cdot 10^3$$

$$N_{Pr} = 0,739$$

$$N_{Re} = \frac{L \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{27 \text{ m} \cdot 10 \text{ m/s} \cdot 1,3 \text{ kg/m}^3}{1,70 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s.m}}$$

$$N_{Re} = 20647059$$

$$\Rightarrow m = 0,8, C = 0,0336$$

På innside du kan estimere at Nusselts tall kan beregnes fra følgende korrelasjon: $N_{Nu} = 0,09(N_{Gr})^{1/3}$, hvor N_{Gr} er Grashof's tall. Hvilke av følgende ligninger beskriver varmeovergangstallet på innside

- i) $1.12 (T_{inside} - T_{glass,inside})^{\frac{1}{3}}$
- ii) $4.10 (T_{inside} - T_{glass,inside})^{\frac{1}{3}}$
- iii) $1.93 (T_{inside} - T_{outside})^{\frac{1}{3}}$
- iv) $3.81 (T_{inside} - T_{outside})^{\frac{1}{3}}$

Innvendig: Naturlig konveksjon, L = høyden

Studias: LF glemmer i kvadrere her

$$N_{Gr} = H^3 g^2 \beta \frac{\Delta T}{\mu^2} = \frac{6^3 \cdot 1,2^2 \cdot 9,81 \cdot 0,00341}{(1,80 \cdot 10^{-5})^2} \cdot \Delta T = 3,2 \cdot 10^{10} \Delta T$$

$$N_{Nm} = 0.09 N_{Gr}^{1/3} = 286 \Delta T^{1/3} = T_{\text{inside}} - T_{\text{glass, inside}}$$

$$h = \frac{N_{nn} \cdot k}{H} = \frac{286 \Delta T^{1/3} \cdot 0,025}{6} = \underbrace{1,19}_{\approx 1,12 \text{ for standard}}$$

Hva er temperaturen til glass? Du kan ignorere thermal resistanse i glass, so overflatetemperaturene på inn- og utside er lik.

Varmeoverføringen skal være lik:

$$\frac{q_{\text{innere}}}{A} = \frac{q_{\text{au\ss ere}}}{A}$$

$$h_{\text{in}} (T_{\text{inside}} - T_{\text{glass}}) = h_{\text{ute}} (T_{\text{glass}} - T_{\text{outside}})$$

$$1,12 (T_{\text{inner}} - T_{\text{glass}})^{4/3} = 18,4 (T_{\text{glass}} - T_{\text{outside}})$$

mi bruke
"leil" for å
få rett

$$\Rightarrow T_{\text{glass}} = -9,06^\circ\text{C}$$

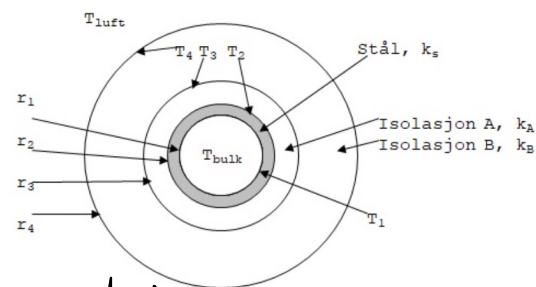
Beregne varmetap gjennom vinduet (kW).

$$\begin{aligned} q_{\text{tube}} &= A \cdot h \cdot \Delta T \\ &= 27 \cdot 6 \cdot 18,4 (-9,06 - (-14)) \\ &= 14,7 \text{ kW} \end{aligned}$$

I kjemiblokk 5 ligger det et dampnett. Trykket på nettet kan regnes konstant lik 6 bar, med tilhørende metningstemperatur for dampen på 159 °C. For å unngå for mye kondensasjon, overhetes dampen i fyrkjelen før den går ut på nettet. Vi kan anta at dampen holder 170 °C idet den forlater fyrkjelen og at hastigheten i rørene er 10 m/s. Oppbyggingen av rørdningen er som gitt i figur og data under. Rørdningen kan regnes å gå i horisontale utlegg, i rom med konstant temperatur på 20 °C.

(Eksamensoppgave høsten 2019)

- Beregn hvor mye varme som må overføres fram til punktet der kondensasjon starter.



$d = \text{damp}$

$$\dot{m}_d = \rho_d \cdot V_d \cdot A_{\text{rør}}$$

$$= \rho_d \cdot V_d \cdot \pi r_1^2$$

$$= 3,04 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s} \cdot \pi \cdot (0,0125 \text{ m})^2$$

$$= \underline{0,0149 \text{ kg/s}}$$

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot c_{p,d} \cdot \Delta T_d$$

$$= 0,0149 \text{ kg/s} \cdot 1916 \text{ J/kg} \cdot \text{K} \cdot (170^\circ\text{C} - 159^\circ\text{C})$$

$$= \underline{315 \text{ W}}$$

Se oppgaveteksten over.

- Hvor stort et varmeovergangstallet på innsiden av røret?

Trungen konveksjon, rørstrømning

$$N_{Re} = \frac{D V_d \rho_d}{\mu_d} = \frac{2 \cdot (0,0125 \text{ m}) \cdot 10 \text{ m/s} \cdot 3,04 \text{ kg/m}^3}{1,54 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{s}} = 49350 > 6000$$

$$N_{Pr} = \frac{\mu c_p}{k_D} = 0,9516$$

$N_{Re} > 6000$	$Nu = \frac{D h_L}{k_{\text{fluid}}} = 0,027 N_{Re}^{0,8} N_{Pr}^{1/3} \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0,14} = 150,95$
	$\underbrace{\left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0,14}}_{\approx 1}$

$$h = \frac{N_{Nu} \cdot k}{D} = \frac{150,95 \cdot 0,031}{2 \cdot 0,0125} = \underline{187,2 \text{ W/m}^2 \text{K}}$$

Data

Geometri:		Fysikalske data:		Damp: (159-170°C, 6 Bar)	$c_p = 1916 \text{ J/kg K},$ $\mu = 1,54 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m s},$ $k_D = 0,031 \text{ W/m K},$ $\rho = 3,04 \text{ kg/m}^3$
$r_1 =$	0.0125 m	Luft: (20°C)	$c_p = 1004,8 \text{ J/kg K},$		
$r_2 =$	0.0155 m		$\mu = 1,82 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m s},$		
$r_3 =$	0.025 m		$k_L = 0,0255 \text{ W/m K}$		
$r_4 =$	0.040 m		$\rho = 1,22 \text{ kg/m}^3,$		
Konduktiviteter:			$b = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}.$		
Stål:	$k_s = 41,5 \text{ W/mK}$				
Isolasjon A:	$k_A = 0,5 \text{ W/mK}$				
Isolasjon B	$k_B = 0,01 \text{ W/mK}$				

Se oppgaveteksten over.

- Hvor lang rørledning kan man ha før dampen når sin metningstemperatur? Du kan anta at varmeovergangstallet på utsiden av røret er $15.4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$q = A_{\text{inne}} \cdot U_{\text{inne}} \cdot \Delta T_{\text{lm}}$$

$$U_{\text{inne}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{inne}}} + \frac{r_1 \ln \frac{r_2}{r_1}}{k_s} + \frac{r_1 \ln \frac{r_3}{r_2}}{k_A} + \frac{r_1 \ln \frac{r_4}{r_3}}{k_B} + \frac{r_1}{h_4 \cdot r_4}} = 1.60 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$\uparrow$
15,4

$$\Delta T_{\text{lm}} = \frac{(170-20) - (159-20)}{\ln \left(\frac{170-20}{159-20} \right)} = 144.4 \text{ K}$$

fra tidligere: $q = 315 \text{ W}$

$$A_{\text{inne}} = \frac{q}{U \cdot \Delta T_{\text{lm}}}$$

$$2\pi r_1 \cdot L = \frac{q}{U \cdot \Delta T_{\text{lm}}}$$

$$L = \frac{q}{U \cdot \Delta T_{\text{lm}} \cdot 2\pi r_1} = 17.4 \text{ m}$$

Se oppgaveteksten over.

Hva er temperaturen på rørets utside (T_4) på innløpet til røret (damptemperatur er 170°C). For enklere å beregne dette, anta at temperaturen på utsiden av røret er konstant (T_4).

$$q = A_{\text{ytre}} \cdot h_4 \cdot (T_4 - T_{\text{luft}}), \quad h_4 = 15.4$$

$$A_{\text{ytre}} = 2\pi r_4 \cdot L$$

$$\Rightarrow T_4 = T_{\text{luft}} + \frac{q}{2\pi r_4 \cdot L \cdot h_4}$$

$$\underline{\underline{T_4 = 24.7^\circ\text{C}}}$$