

Tampereen teknillinen yliopisto

MEI-02021 LÄMPÖTEKNIikka

Välikoe 2 ja tentti 10.5.2017 / Seppo Syrjälä

Sallittu kirjallisuus: jaettava kaavakokoelma

Palauta kaavakokoelma tentin jälkeen; älä tee siihen merkintöjä

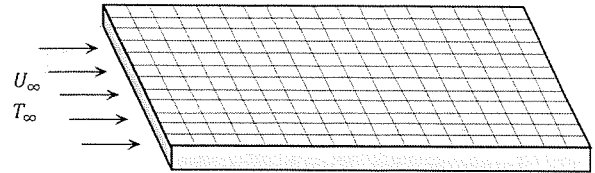
Graafisen laskimen käyttö sallittu

Välikoe 2: tehtävät 1-5

Tentti: tehtävät 3-7

Voit osallistua kumpaan tahansa tai molempiin, mutta merkitse vastauspaperiin selvästi, mihin osallistut.

1. Lämpöä kehittäviä siruja (chippejä) on asennettu tasolevyille 216 kpl (18×12). Levyn pituus on 18 cm ja leveys 12 cm; yhden sirun koko on siis $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$. $U_\infty = 30 \text{ m/s}$, $T_\infty = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.



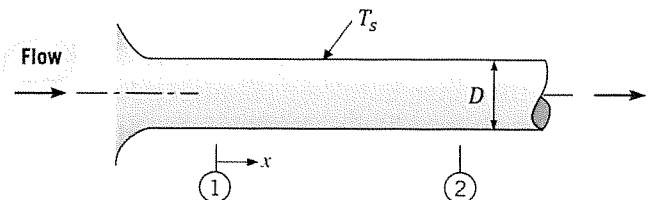
- (a) Määritä maksimilämpötila levyssä, kun jokainen siru tuottaa lämpöä 0.25 W (lämpövirran tiheys levyssä on siis vakio). Levy on alapuolelta eristetty ja rajakerros on laminaari.
- (b) Mikä on levyn lämpötila, jos se onkin vakio­lämpötilassa ja kokonais­lämpö­virta levystä on sama kuin a-kohdassa. Rajakerros on turbulenti. Muut lähtötiedot kuten a-kohdassa.

Ilmalle $\nu = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $k = 0.028 \text{ W}/(\text{m }^\circ\text{C})$, $\text{Pr} = 0.72$.

2. Oletetaan, että lasi läpäisee tulevasta säteilystä $\sim 100 \%$ aallonpituusalueella $0.35 \leq \lambda \leq 3.5 \text{ } \mu\text{m}$, mutta ei lainkaan muilla aallonpituuksilla.
- (a) Mikä osa lämpötilasta 5800 K (aurinko) tulevasta säteilystä läpäisee lasin.
- (b) Mikä osa lämpötilasta 300 K tulevasta säteilystä läpäisee lasin.
- (c) Millä aallonpituuksilla lämpötiloista 5800 K ja 300 K tuleva säteily on voimakkainta.

3. Sileässä putkessa virtaa vettä keskinopeudella 4 m/s . Putken halkaisija $D = 1 \text{ cm}$.

- (a) Mikä on paine kohdassa 2, jos paine kohdassa 1 on 150 kPa ja $x_2 - x_1 = 1 \text{ m}$?
- (b) Miten pitkä matka tarvitaan pisteestä 1, jotta veden keskilämpötilaksi saadaan $60 \text{ }^\circ\text{C}$? Veden keskilämpötila kohdassa 1 on $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ja putken pintalämpötila $T_s = 90 \text{ }^\circ\text{C}$.



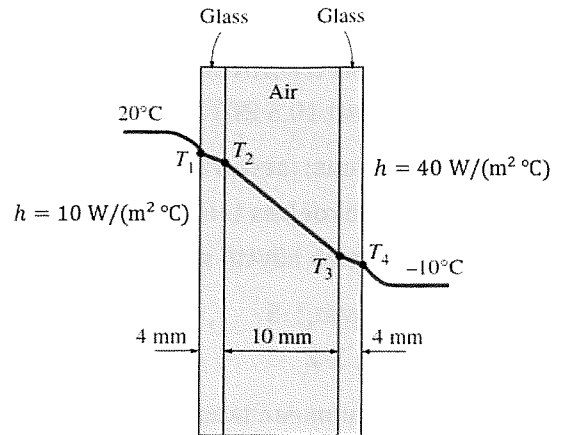
- (c) Mikä on lämpövirta putken seinämästä virtaavaan veteen b-kohdassa.

Vedelle $\mu = 6 \cdot 10^{-4} \text{ Ns}/\text{m}^2$, $\rho = 990 \text{ kg}/\text{m}^3$, $k = 0.65 \text{ W}/(\text{m }^\circ\text{C})$, $c_p = 4180 \text{ J}/(\text{kg }^\circ\text{C})$, $\text{Pr} = \mu c_p/k$

4. Ohessa on kuva lasirakenteesta (lasi-ilma-lasi). Lämmönjohtavuus on lasille $k = 0.78 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ja ilmalle $k = 0.026 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$. Kerrosten paksuudet, sisä- ja ulkolämpötilat sekä lämmön-siirtokertoimet pinnoilla on annettu kuvassa.

(a) Laske lämpövirta \dot{Q} rakenteen läpi (oletetaan, että myös ilmakerroksessa lämpö siirtyy pelkästään johtumalla). Lasin koko on $0.8 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$. Johtuminen on 1-ulotteista.

(b) Määritä lämpötilat T_3 ja T_4 .

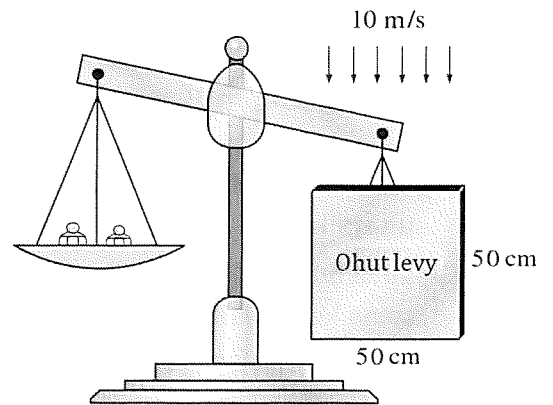


5. Kuvan mukaiseen tasapainovaakaan on kiinnitetty ohut levy ($50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$). Alkutilanteessa vaaka on tasapainossa eli punnusten massa on sama kuin levyn massa. Kun levyn ohi puhalletaan ilmaa (molemmilta puolilta) nopeudella 10 m/s , tämä aiheuttaa levyyn tietyn voiman, jonka seurauksena vaaka ei enää olekaan tasapainossa.

(a) Mikä on rajakerroksen paksuus levyn lopussa, jos rajakerros on laminaari? Onko rajakerros mielestäsi todellisuudessa laminaari vai turbulenti?

(b) Paljonko punnusten massaa täytyy kasvattaa, jotta vaaka olisi jälleen tasapainossa?

Ilmalle $\nu = 1.5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $\rho = 1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$

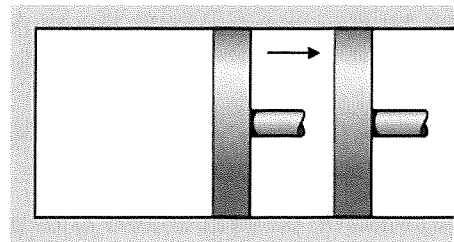


6. Lämpöeristetyssä säiliössä kuivan ilman paine $p = 2 \text{ bar}$ ja lämpötila $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

(a) Paljonko säiliössä on ilmaa (kg), jos säiliön tilavuus $V = 1 \text{ m}^3$?

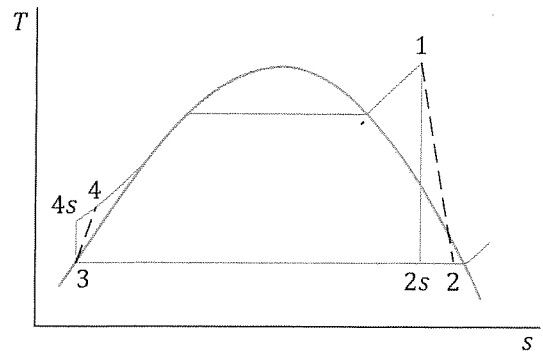
(b) Säiliön tilavuus muuttuu isentrooppisesti ($s = \text{vakio}$) arvoon $V = 1.3 \text{ m}^3$. Laske tilavuusmuutoksen jälkeiset p ja T ?

(c) Säiliössä on kuivan ilman ja vesihöyryn seos. Paljonko seoksessa on vettä (kg), jos seoksen suhteellinen kosteus $\phi = 70 \%$ ($p = 1 \text{ bar}$, $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $V = 1 \text{ m}^3$)?



$$N = \frac{m}{M}$$

7. Rankine-prosessissa $p_1 = 5 \text{ MPa}$, $T_1 = 530 \text{ °C}$, $p_2 = 0.025 \text{ MPa}$ ja $x_2 = 0.93$. Pisteessä 3 vesi on kylläistä nestettä. Pumpun isentrooppinen hyötysuhde on 85 %. Määritä:
- Entalpiat h_1 , h_{2s} ja lämpötila T_2 .
 - Entalpiat h_3 ja h_4 .
 - Prosessin terminen hyötysuhde.



Aineominaisuuksia:

Ilma: $M = 28.97 \text{ kg/kmol}$; $c_p = 1005 \text{ J/(kg °C)}$; $c_v = 718 \text{ J/(kg °C)}$.

Vesi: $M = 18.01 \text{ kg/kmol}$.