

Tampereen yliopisto

YEB.420 LÄMPÖTEKNIikka

Tentti 7.2.2023 / Seppo Syrjälä

Sallittu kirjallisuus: jaettava kaavakokoelma

Palauta kaavakokoelma tentin jälkeen; älä tee siihen merkintöjä

Ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu

1. Säiliössä on ilmaa 2 kg. Alkutilanteessa ilman lämpötila on 30 °C ja paine 200 kPa.

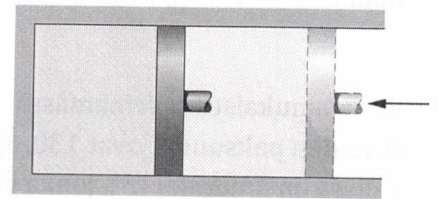
(a) Ilmaa puristetaan **isentropisesti** siten, että paine kaksinkertaistuu (200 kPa → 400 kPa). Määritä lopputilanteen tilavuus sekä puristuksessa tehty työ.

(b) Määritä tehty työ ja tuotu/poistettu lämpö, jos puristus kaksinkertaiseen paineeseen (200 kPa → 400 kPa) tapahtuukin **isotermisesti** ($T_1 = T_2 = 30\text{ °C}$).

(c) Eräässä toisessa säiliössä ($V = 2\text{ m}^3$) on kosteaa ilmaa (eli kuivan ilman ja vesihöyryn seosta). Paljonko seoksessa on vesihöyryä (kg), jos suhteellinen kosteus on 70 % ja $p = 100\text{ kPa}$, $T = 40\text{ °C}$?

Ilmalle: $M = 28.97\text{ kg/kmol}$; $c_p = 1008\text{ J/(kg °C)}$; $c_v = 720\text{ J/(kg °C)}$

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

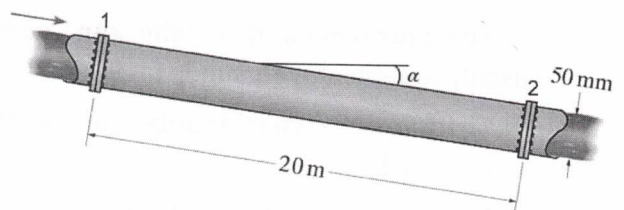
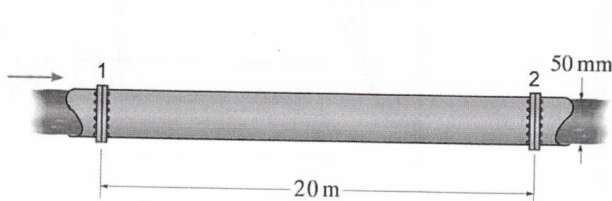


2. Putkessa, jonka halkaisija on 50 mm, virtaa nestettä vasemmalta oikealle.

(a) Mikä voi korkeintaan olla massavirta, jotta virtaus olisi vielä laminaari, jos putkessa virtaava neste on öljy, jolle tiheys $\rho = 900\text{ kg/m}^3$ ja viskositeetti $\mu = 0.05\text{ Ns/m}^2$.

(b) Putkessa virtaakin vettä keskinopeudella 2 m/s. Putki on sileä ja vaakasuorassa vasemmanpuoleisen kuvan mukaisesti. Kohdassa 1 paine on 200 kPa. Määritä paine 20 m myöhemmin kohdassa 2. Vedelle $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$ ja $\mu = 0.001\text{ Ns/m}^2$.

(c) Kuten (b)-kohta, mutta putki ei ole sileä (karheus $\varepsilon = 0.2\text{ mm}$), eikä se ole vaakasuorassa. Oikeanpuoleisessa kuvassa annettu kulma $\alpha = 10^\circ$.



3. Kuvan mukaisen tasolevyn toiselta puolelta virtaa ilmaa siten, että $U_\infty = 8 \text{ m/s}$ ja $T_\infty = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; levyn pituus $L = 90 \text{ cm}$ ja leveys 130 cm . Levyn pintalämpötila $T_s = 80 \text{ }^\circ\text{C}$.

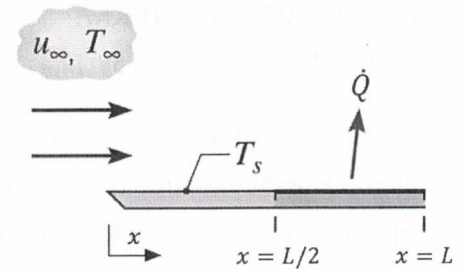
(a) Määritä lämpövirta, joka levystä siirtyy väliltä $L/2 < x < L$.

Oleta laminaari virtaus. Miksi oletus laminaarista virtauksesta on perusteltu tässä tapauksessa?

(b) Virtaukseen aiheutetaan häiriö tuloreunalla, jolloin virtauksen voi olettaa olevan turbulenti koko levyn matkalta.

Määritä voima, jonka virtaus tällöin aiheuttaa levyyn.

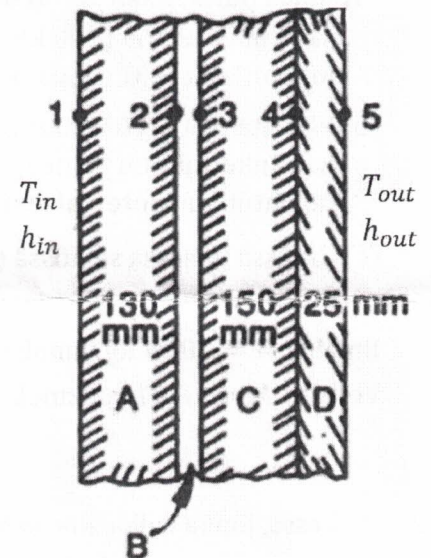
Ilmalle: $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$; $\nu = 1.5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$; $k = 0.027 \text{ W/(m }^\circ\text{C)}$; $\text{Pr} = 0.7$.



4. Kuvan mukaisessa seinämässä on kolme tiilikerrosta A, C ja D, joiden paksuudet ovat 130 , 150 ja 25 mm . Kerrosten A ja C välissä on ilmarako (B), jonka yli lämpö siirtyy konvektiolla ja säteilemällä. Ympäröivän ilman lämpötila ja lämmönsiirtokerroin seinämän vasemmalla reunalla on $T_{in} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$; $h_{in} = 80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ja oikealla reunalla $T_{out} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $h_{out} = 10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Kerrosten lämmönjohtavuudet ovat: $k_A = 1 \text{ W/(m K)}$; $k_C = 0.7 \text{ W/(m K)}$; $k_D = 0.3 \text{ W/(m K)}$. Lisäksi tiedetään, että kerroksen A oikean reunan lämpötila $T_2 = 450 \text{ }^\circ\text{C}$.

(a) Määritä seinämän oikean reunan lämpötila, T_5 , sekä kerrosten C ja D rajapinnan lämpötila, T_4 .

(b) Määritä, mitkä ovat konvektion ja säteilyn osuudet kerrosten A ja C välissä olevan ilmaraon lämmönsiirrossa. Molempien pintojen emissiviteetti on 0.8 (eli $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0.8$).



5. Kuva esittää yksinkertaista höyryvoimalaitosprosessia lämpötila-entropia (T - s) -tasossa. Vesihöyryn massa-virta on 10 kg/s . Prosessista tunnetaan seuraavat arvot: $p_1 = 5 \text{ MPa}$, $T_1 = 550 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_2 = 20 \text{ kPa}$. Pisteessä 3 vesi on kylläistä nestettä.

(a) Määritä turbiinin antama teho, kun turbiinin isentrooppinen hyötysuhde on 92% .

(b) Määritä vesihöyryn lämpötila ja ominaistilavuus pisteessä 2.

(c) Määritä pumpun ottama teho, kun pumpun isentrooppinen hyötysuhde on 85% .

