

Tampereen yliopisto
KEB-40100 LÄMPÖTEKNIikka
Tentti 19.3.2019 / Seppo Syrjäjä

Sallittu kirjallisuus: jaettava kaavakokoelma

Palauta kaavakokoelma tentin jälkeen; älä tee siihen merkintöjä

Ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu

1. Säiliössä on kuivaa ilmaa. Alkutilanteessa säiliön tilavuus $V_1 = 2 \text{ m}^3$ ilman paineen ja lämpötilan ollessa: $p_1 = 100 \text{ kPa}$ ja $T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

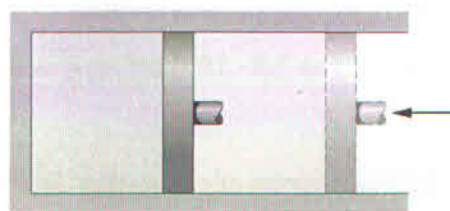
(a) Säiliössä olevaa ilmaa puristetaan **isentrooppisesti** ($s = \text{vakio}$) siten, että tilavuus puolittuu ($V_2 = V_1/2$). Määritä p_2 ja T_2 .

(b) Määritä puristuksessa tehty työ W ja tuotu lämpö Q , jos puristus ($V_2 = V_1/2$) tapahtuukin **isotermisesti** ($T = \text{vakio}$).

(c) Eräessä toisessa säiliössä ($V = 2 \text{ m}^3$) on kostea ilmaa (eli kuivan ilman ja vesihöyryn seos). Paljonko seoksessa on vesihöyryä (kg), jos suhteellinen kosteus on 80% ja $p = 100 \text{ kPa}$, $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$?

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

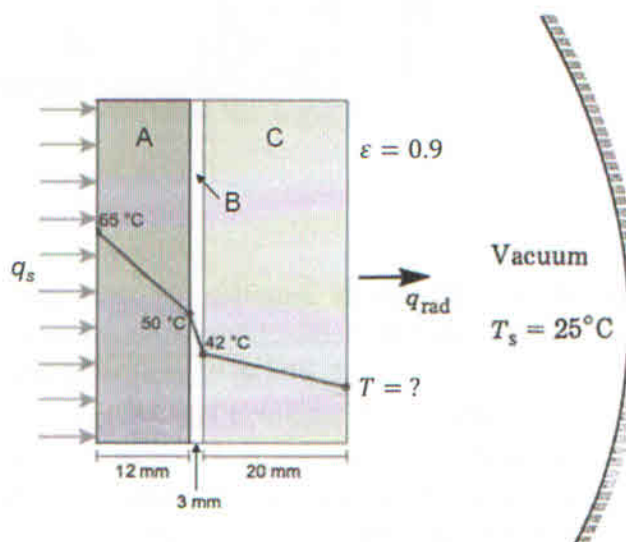
Vedelle: $M = 18.01 \text{ kg/kmol}$.



2. Kuvan mukainen seinämä muodostuu kolmesta kerroksesta (A, B ja C), joiden paksuudet ovat 12 mm, 3 mm ja 20 mm. Seinämän vasempaan reunaan kohdistuu lämpövirran tiheys, q_s . Oikean reunan ympärillä vallitsee tyhjiö, minkä vuoksi lämpö siirtyy oikealta reunalta vain säteilemällä ympäröiviin seiniin, jotka ovat lämpötilassa $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Oikean reunan emissiviteetti on 0.9. Lämpötilajakauma seinämän yli sekä kolmen rajapinnan lämpötilat ($65 \text{ }^\circ\text{C}$; $50 \text{ }^\circ\text{C}$; $42 \text{ }^\circ\text{C}$) on annettu kuvassa. Kerroksen B lämmönjohtavuus $k_B = 0.03 \text{ W/(m K)}$. Tilanne on stationääri ja johtuminen 1-ulotteista (lämpötila muuttuu vain paksuussuunnassa).

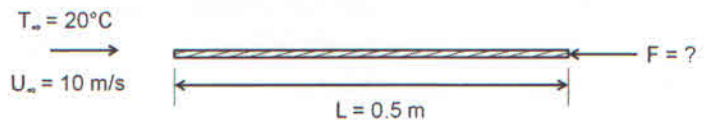
Määritä:

- (a) q_s
(b) Kerroksen A lämmönjohtavuus
(c) Oikean reunan lämpötila



3. Kuvan mukaisen ohuen levyn molemmilta puolilta virtaa ilmaa siten, että $U_\infty = 10 \text{ m/s}$ ja $T_\infty = 20 \text{ °C}$; levyn pituus $L = 0.5 \text{ m}$ ja leveys 1 m . Levyn pintalämpötila molemmilla puolilla on 50 °C . Oleta laminaari rajakerros.

(a) Miksi on perusteltua olettaa laminaari rajakerros?



(b) Määritä voima, joka virtauksesta aiheutuu levyyn.

(c) Laske lämpövirta levystä.

Ilmalle $\nu = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$; $k = 0.027 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$; $\text{Pr} = 0.72$.

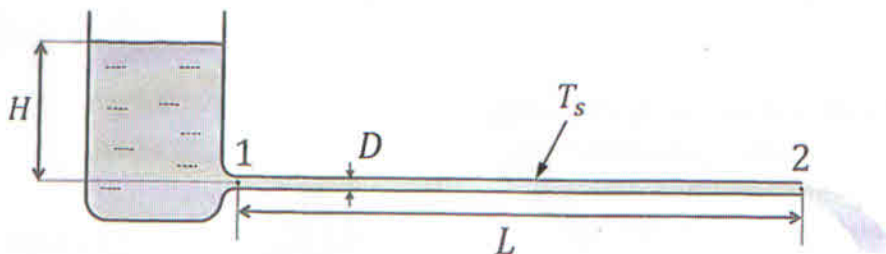
4. Säiliöstä virtaa sileän putken läpi vettä 8 kg/s . Putken pituus $L = 50 \text{ m}$ ja halkaisija $D = 50 \text{ mm}$.

(a) Määritä paine putken alussa (kohta 1), jos ulosvirtauksessa (kohta 2) paine on 100 kPa .

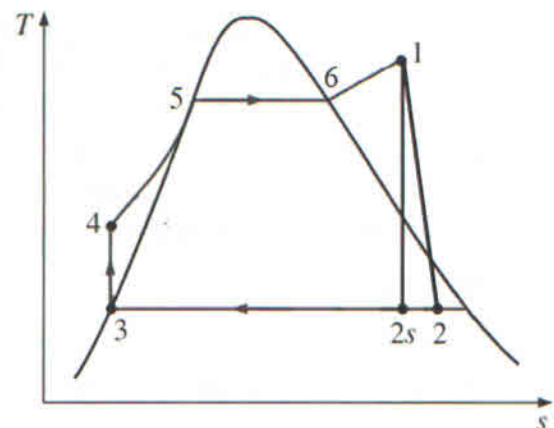
(b) Määritä veden pinnankorkeus säiliössä, H (kertahäviöitä ei tarvitse ottaa huomioon).

(c) Vesi lämpiää putkessa, koska putken seinämlämpötila on korkeampi kuin veden lämpötila ($T_s = 50 \text{ °C}$). Määritä lämpövirta \dot{Q} putken seinämästä virtaavaan veteen, kun veden keskilämpötila putken lopussa (kohta 2) on 40 °C ; veden lämpötila säiliössä on 20 °C .

Vedelle $\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$; $\mu = 0.001 \text{ Pa} \cdot \text{s}$; $k = 0.6 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$; $c_p = 4180 \text{ J}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$; $\text{Pr} = \mu c_p/k$



5. Kuvassa on esitetty lämpötila (T) - entropia (s) -tasossa yksinkertainen höyryvoimalaitosprosessi, jossa $p_1 = 2 \text{ MPa}$, $T_1 = 400 \text{ °C}$ ja $p_2 = 20 \text{ kPa}$. Turbiinin antama teho on 4 MW höyryn massavirran ollessa 5 kg/s . Pumpun voi olettaa toimivan isentrooppisesti. Pisteessä 3 vesi on kylläistä nestettä.



(a) Määritä turbiinin isentrooppinen hyötysuhde sekä höyrypitoisuus x_2 .

(b) Määritä entalpiat h_3 , h_4 , h_5 ja h_6 .