

**Sallittu kirjallisuus: Kaavakokoelma  
 Palauta kaavakokoelma tentin jälkeen.  
 Älä tee merkintöjä kaavakokoelmaan!  
 Graafisen laskimen käyttö sallittu.**

**Tehtävä 1.**

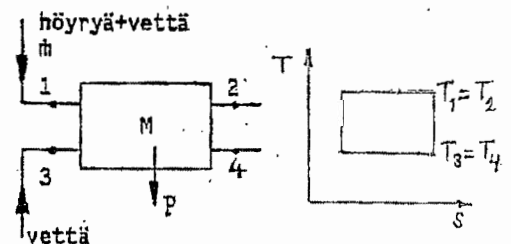
Kostean ilman lämpötila on 30 °C, paine 1 bar ja suhteellinen kosteus 80%.

- Kuinka paljon vesihöyryä on kuutiometrissä?
- Jos ilma jäädytetään lämpötilaan 20 °C, paljonko vesihöyryä kondensoituu vedeksi? (Selittää sateen tai sumun muodostumisen)
- Mikä on ilman lämpötila, jos se puristetaan isentrooppisesti paineeseen 3 bar? (Jätä kosteus huomioon ottamatta)
- Jos lämpötila säilyy c-kohdan puristuksessa vaikkona = 30 °C, mutta paine kasvaa arvoon 3 bar, paljonko vettä kondensoituu? (Tällainen tilanne syntyy esim. diesel-moottorin ahtimessa). Jos et saa numeroarvoa, anna kaavat ja selitä miten se lasketaan.

**Tehtävä 2.**

Prosessilaitoksessa höyryä käytetään lämmönlähteenä lämpövoimakoneessa (M). Höyryä on saatavissa paineessa  $p_1 = 140 \text{ kN/m}^2$  höyrypitoisuuden  $x$  ollessa 0,6 ( $x = m_h / (m_h + m_v)$ ). Lämpövoimakoneessa tuleva höyry kondensoituu kylmävedeksi paineessa  $p_2 = 140 \text{ kN/m}^2$ . Jäähdytykseen on käytettävissä jokivettä  $T_3 = 10^\circ\text{C}$ . Sen lämpötila ei oleellisesti muutu, ts.  $T_3 = T_4$ .

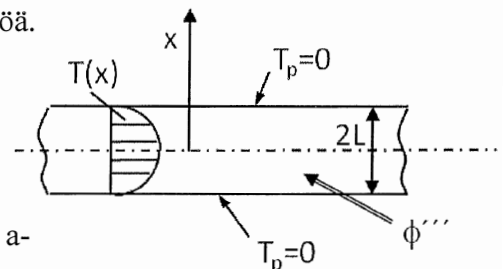
- Mikä on lämpötila  $T_1$  ja  $T_2$ ?
- Mikä on seoksen entalpia pisteessä 1? Sen saa laskemalla yhteen veden ja vesihöyryn entalpiat.
- Mikä olisi prosessin Carnot-hyötysuhde?
- Mikä on koneen antama teho, jos sen oletetaan toimivan Carnot-prosessin mukaisesti ja  $\dot{m} = 0,5 \text{ kg/s}$ . Ota tarvittavat tiedot höyrytaulukosta.



**Tehtävä 3.**

Kuva esittää metallilevyä, jonka läpi menee sähkövirta kehittäen lämpöä. Levyn paksuus on  $2L$ . Pintalämpötila pidetään vakiona  $T_p = 0$ .

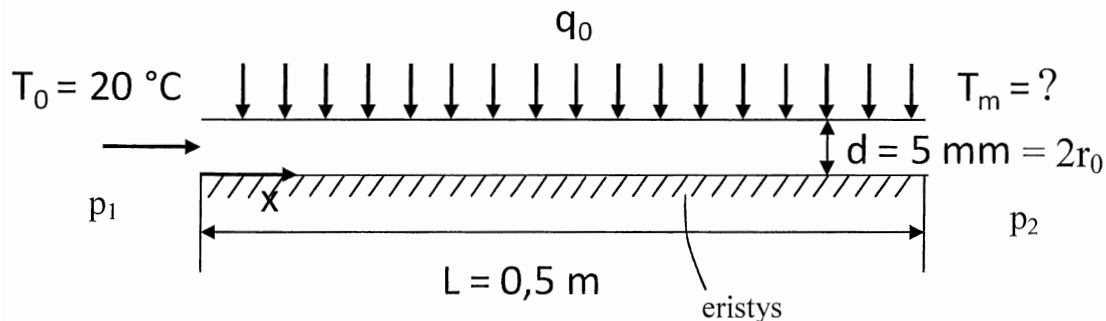
- Mikä on levyn lämpötilajakautumaa hallitseva diff.yhtälö reunaehtoineen?
- Mikä on levyn lämpötilajakautuma  $T(x)$ ?
- Miten vakio lämpötilareunaehto voidaan toteuttaa?
- Mikä virtausopin tehtävä antaa muodoltaan analogisen yhtälön a-kohdan kanssa?



Tehtävä 4.

Ohutseinäisessä eristetyssä metalliputkessa lämmitetään vettä johtamalla tasavirta putken läpi virran tiheyden ollessa  $q_0 = 10^4 \text{ W/m}^2$ . Veden keskinopeus on  $1 \text{ m/s}$ .

- Onko virtaus laminaari vaiko turbulenti?
- Mikä on veteen siirtyvä lämpövirta  $\phi$ ?
- Mikä on veden keskilämpötila  $T_m$  sen poistuessa putkesta?
- Mikä on painehäviö  $\Delta p = p_1 - p_2$ ?
- Mikä on putken lämpötila kohdassa  $x = 0,5 \text{ m}$ ? (Laske ensiksi  $Nu$  ja lämmönsiirtokerroin)



Tehtävä 5.

Ohut levy on ilmavirtauksessa, jonka nopeus on  $10 \text{ m/s}$ . Levyssä kehittyy lämpöä  $q_0 = 2000 \text{ W/m}^2$  ja sen lämmönjohtavuus on hyvin suuri, jolloin levyn lämpötila on kaikkialla vakio  $= T_s$ .

- Mikä on levyn lämpötila, jos levyn emissiviteetti  $= 0$  ja rajakerros on laminaari?
- Mikä on levyn lämpötila, jos rajakerros on turbulenti?
- Mikä on levyn lämpötila, jos a-kohdassa pinnan  $\varepsilon = 0,9$ ?

