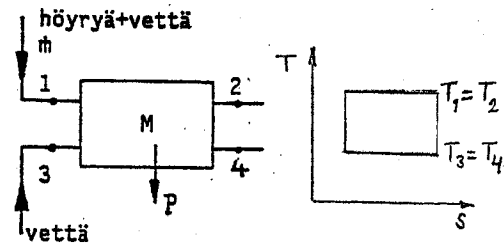


1. Huoneessa, jonka tilavuus on  $150 \text{ m}^3$ , ilman paine on  $1 \text{ bar}$ , lämpötila  $25^\circ\text{C}$  ja ilman suhteellinen kosteus  $60 \%$ . Mikä on a) kosteussuhde  $\omega$ , b) kastepisteen lämpötila, c) huoneessa olevan vesihöyryn massa? d) Jos ilma jäädytetään lämpötilaan  $10^\circ\text{C}$ , kuinka paljon vettä kondensoituu?  $M_i = 28,965 \text{ kg/kmol}$ ,  $M_h = 18 \text{ kg/kmol}$ ,  $c_{pi} = 1,0 \text{ kJ/kgK}$ ,  $\gamma = 1,4$ ,  $p_h(25^\circ\text{C}) = 3166 \text{ N/m}^2$ .

2. Ilmastointipuhaltimessa paine nousee  $400 \text{ N/m}^2$ . Ilman paine ennen puhallinta on  $1 \text{ bar}$  ja lämpötila  $20^\circ\text{C}$ . a) Mikä on puhaltimen tarvitsema teho, jos sen hyötysuhde on  $0,6$  ja ilma oletetaan kokoonpuristumattomaksi? b) Miten paljon ilman lämpötila nousee puristuksessa? c) Mikä on puhaltimen ottama teho edellisen kohdan perusteella? ( $P = \dot{m} \Delta h / \eta$ ) d) Mikä olisi puristamisessa tarvittava työ/massa, jos kyseessä olisi suljettu prosessi?

3. Mikä on edellisessä tehtävässä a) äänennopeus ilmassa  $c^2 = (\partial p / \partial \rho)_s$  ja  $\beta$  (numeroarvo)? b) Osoita, että kaasulle  $h = \gamma RT / (\gamma - 1)$ . c) Miten kaasuvirtauksen nopeus saadaan suuremmaksi kuin äänennopeus?

4. 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  $p_2 = 140 \text{ kN/m}^2$ . Jäädytykseen on käytettävissä jokivettä  $T_3 = 10^\circ\text{C}$ . Sen lämpötila ei oleellisesti muutu, ts.  $T_3 \approx T_4$ .



a) Mikä on lämpötila  $T_1$  ja  $T_2$ ?

b) Mikä on seoksen entalpia pisteessä 1? Sen saa laskemalla yhteen veden ja vesihöyryn entalpiat.

c) Mikä olisi prosessin Carnot-hyötysuhde ?

d) Mikä on koneen antama teho, jos sen oletetaan toimivan Carnot-prosessin mukaisesti ja  $\dot{m} = 0,5 \text{ kg/s}$ . Ota tarvittavat tiedot höyrytaulukosta.

5. Kovalla pakkasella huonosti eristetyillä vesijohdoilla on taipumus jäätyä. a) Mikä on veden tilavuuden muutos sen jäätyessä? ( Tämä selittää suljetun säiliön särkymisen). b) Jäähtynyt vesijohto voi haljeta myös lämpötilan noustessa, koska jään tiheys muuttuu. Johda kaava, mistä saadaan lämpötilan muutoksesta aiheutuva paineen nousu, ts.  $(\partial T / \partial p)_V$ . c) Jään sulamispiste riippuu myös paineesta ja se voidaan selvittää Clayperonin yhtälön avulla. Mikä on alhaisin jään lämpötila, jolloin  $80 \text{ kg}$  painavan luistelijan luistimen terän alle muodostuu vesikerros, jos luistimen terän pinta-ala on  $0,4 \text{ cm}^2$ ?

$$\rho = 0,611 \text{ kPa}$$

$$T = 0,01^\circ\text{C}$$

$$(jää) v_s = 0.0010908 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$333.40 \text{ kJ/kg} = h' - h$$

$$v'_s = v_f = 0.0010002 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v''_{ev_g} = 206.14 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$2501.40 \text{ kJ/kg} = h'' - h'$$