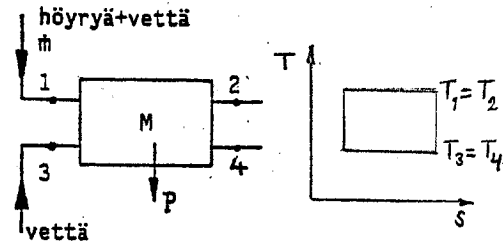


1. Huoneessa, jonka tilavuus on 150 m^3 , ilman paine on 1 bar , lämpötila 25°C ja ilman suhteellinen kosteus 60% . Mikä on a) kosteussuhde ω , b) kastepisteen lämpötila, c) huoneessa olevan vesihöyryn massa? d) Jos ilma jäädytetään lämpötilaan 10°C , kuinka paljon vettä kondensoituu? $M_i = 28,965 \text{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

2. Ilmastointipuhaltimessa paine nousee 400 N/m^2 . Ilman paine ennen puhallinta on 1 bar ja lämpötila 20°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 β (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 $0,6$ ($x = m_h / (m_h + m_v)$). Lämpövoimakoneesta tuleva höyry kondensoituu kylmäiseksi vedeksi paineessa $p_2 = 140 \text{ kN/m}^2$. Jäädytykseen on käytettävissä joki vettä $T_3 = 10^\circ\text{C}$. Sen lämpötila ei oleellisesti muutu, ts. $T_3 \approx T_4$.



- 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.

5. Kovalla pakkasella huonosti eristetyillä vesijohdoilla on taipumus jäätyä. a) Mikä on veden tilavuuden muutos sen jäätyessä? (Tämä selittää suljetun säiliön särkymisen). b) Jäätynyt 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 kg painavan luistelijan luistimen terän alle muodostuu vesikerros, jos luistimen terän pinta-ala on $0,4 \text{ cm}^2$?

$$\rho = 0,611 \text{ kPa} \quad T = 0,01^\circ\text{C}$$

$$\text{(Jää)} \quad v_s = 0,0010908 \text{ m}^3/\text{kg} \quad 333,40 \text{ kJ/kg} \approx h' - h$$

$$v'_s v_f = 0,0010002 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v''_s v_g = 206,14 \text{ m}^3/\text{kg} \quad 2501,40 \text{ kJ/kg} \approx h'' - h'$$