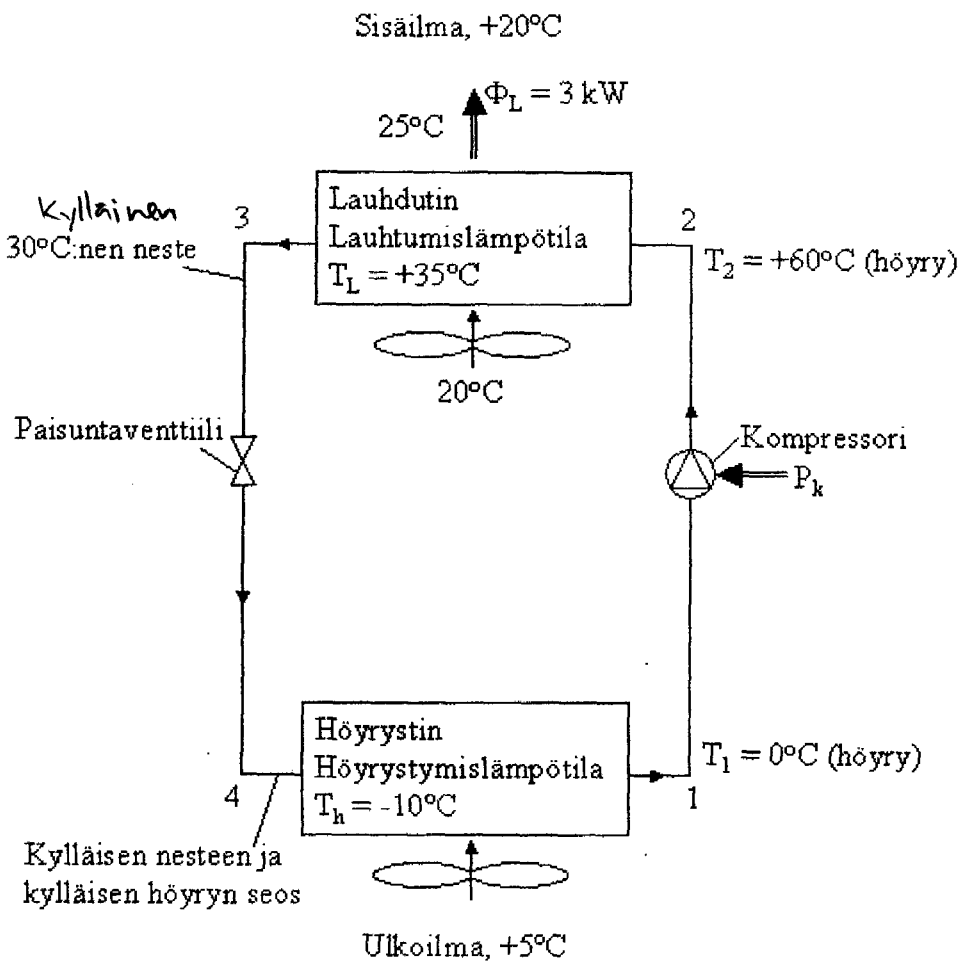


Tehtävät 1-4 suoritetaan ensin tukimateriaalin kanssa (~~klo 10-13~~) ja sen jälkeen tehtävät 5-6 ilman mitään tukimateriaalia (~~klo 13-14~~). Tukimateriaalina saa olla mitä tahansa, mukaanlukien omakätiset muistiinpanot, mutta ei laskuharjoitustehtäviä ratkaisuihin eikä laskuharjoitusmonistetta 151 (tai 147 tai 135). Opisto- ja AMK-insinöörit suorittavat halutessaan vain tehtävät 1-4. Kunkin vastauspaperin yläreunaan tulee tällöin merkitä selvästi sana INSINÖÖRI.

1. Erään elementtitalon seinän rakenne on: Betoni (10 cm,  $\lambda = 1,3 \text{ W/mK}$ ), vuorivilla (10 cm,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$ ) ja betoni (10 cm,  $\lambda = 1,3 \text{ W/mK}$ ). Ilman sisälämpötila on  $+20^\circ\text{C}$  ja ulkolämpötila  $-20^\circ\text{C}$ . Infrapunakameran avulla mitattiin seinämän sisäpinnan lämpötilaksi tällöin  $T_{ps} = 18,35^\circ\text{C}$  ja ulkopinnan lämpötilaksi  $T_{pu} = -19,35^\circ\text{C}$ .
  - a) Laske seinämän lämmönläpäisyyluku  $k$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ), joka määritellään yhtälöllä  $\Phi = k (T_s - T_u) A$  (nykyisin puhutaan  $k$ :n sijasta  $U$ -arvosta). Laske mittaustilanteessa lämpöhäviö seinämän läpi  $\Phi/A$  ( $\text{W/m}^2$ ).
  - b) Laske sisä- ja ulkopinnan lämpötila ( $T_{ps}$  ja  $T_{pu}$ ) seinäelementissä sellaisessa kohdassa seinää, josta lämpöeristys (vuorivilla) on valmistusvirheen takia jäänyt pois eli siinä kohtaa on lämpöeristyksen asemesta 10 cm ilmaväli. Mikä on siinä kohtaa lämpöhäviö ( $\text{W/m}^2$ ) seinämän läpi?  
O h j e: Mieti miten ilmavälin lämmönsiirto pitää arvioida.
  
2. Laivadieselmoottorin turboahtimen turbiinille johdetaan pakokaasua  $4,85 \text{ kg/s}$   $500^\circ\text{C}$ :n lämpötilassa ja  $3,5$  barin paineessa. Palamisilmavirta turboahtimen kompressorin imuaukkoon tulee lämpötilassa  $+20^\circ\text{C}$  ja  $1$  barin paineessa.
  - a) Laske turboahtimen kompressorilta lähtevän ilman lämpötila ja paine, kun sekä turbiinin että kompressorin isentrooppinen hyötysuhde on  $0,8$ .
  - b) Kompressorilta lähtevä ilma jäädytetään turboahtimen jälkeen  $+60^\circ\text{C}$ :een. Laske tarvittava jäähdystysteho ( $\text{W}$ ).
  - c) Laske turboahtimessa tapahtuva entropian generointi ( $\text{W/K}$ ).
 O h j e: Pakokaasu- ja palamisilmavirta voidaan likimain käsitellä yhtä suurina ja pakokaasun termodynaamisille ominaisuuksille voidaan likimain käyttää vastaavia ilman arvoja.
  
3. Painepesurin vesivirta on  $6,5 \text{ l/min}$  ja paine ennen suutinta  $100 \text{ bar}$ .
  - a) Laske painepesurin ottama sähköteho, kun mäntäpumpun isentrooppinen hyötysuhde on  $0,7$  ja sähkömoottorin hyötysuhde on  $0,9$ . Veden tulopaine painepesuriin on vesijohtoverkoston paine  $5 \text{ bar}$ .
  - b) Laske painepesurin suuttimesta purkautuvan veden nopeus, kun virtaus oletetaan kitkattomaksi eli ns. Bernoullin yhtälö pätee ( $p + \frac{1}{2} \rho w^2 = \text{vakio}$ ).
  - c) Mikä on tällöin purkautuvan veden lämpötila, kun veden lämpötila ennen suutinta on  $20^\circ\text{C}$ ?

4. Oheinen kuva esittää ulkoilmalämpöpumpun joka siirtää lämpöä +5°C:sta ulkoilmasta 20°C:een sisäilmaan lauhtutinteholla 3 kW.



Käytä tehtävässä hyväksi oheista kylmäaineen R134a log p,h - piirrosta ja vastaa seuraaviin:

- Määritä höyrystymispaine  $p_h$  ja lauhtumispaine  $p_L$ .
- Piirrä kylmäaineen prosessi oheiseen log p,h - diagrammiin. (Repäise diagrammi irti kysymyspaperista, kirjoita siihen nimesi ja opiskelijanumerosi ja palauta se vastauspapereiden mukana.)
- Määritä kylmäaineen massavirta  $\dot{m}$  ja kompressorin imuaukkoon menevä tilavuusvirta ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).
- Määritä kompressorin akseliteho  $P_k$ .
- Määritä lämpökerroin  $\varepsilon = \Phi_L/P_k$ .
- Määritä höyryn massaosuus  $x_4$  paisuntaventtiilin jälkeen.
- Laske sellaisen lämpöpumpun, joka siirtää lämpöä ulkoilman lämpötilasta sisäilman lämpötilaan, termodynaamisesti paras mahdollinen lämpökerroin.

Ene-39.2001 Termodynamiikka ja lämmönsiirto

Tentti 11.1.2010 klo 13-17, osa II (klo 13-14) klo 16-17

Tehtävät 5 - 6 suoritetaan ilman mitään tukimateriaalia klo 13-14

5. Termodynamiikan toisen pääsäännön mukaan pätee jokaiselle muutosprosessille ja siinä tapahtuvalle entropian muutokselle

$$S(B) - S(A) \geq \int_A^B \frac{dQ}{T}$$

Osoita tämän ja yleisen energiataseen perusteella että muutosprosesseissa, joissa  $T = \text{vakio}$  ja  $p = \text{vakio}$ , systeemi pyrkii aina lopulta stabiiliin tasapainotilaan, jossa Gibbsin energialla on minimiarvo.

6. Käytä tehtävässä ilman ja veden ominaislämpökapasiteeteille seuraavia arvoja: Ilma  $c_{pi} = 1,0 \text{ kJ/kgK}$ , vesi  $c_{pv} = 4,18 \text{ kJ/kgK}$ .
- Ilma kiihdytetään suuttimessa likimain nopeudesta nolla arvoon  $240 \text{ m/s}$ . Ilma tulee suuttimeen lämpötilassa  $20^\circ\text{C}$ . Laske suuttimesta ulostulevan ilman lämpötila.
  - Ilma tulee kuristusventtiiliin tilassa  $20^\circ\text{C}$  ja  $7 \text{ bar}$ . Paine putoaa venttiilissä arvoon  $2 \text{ bar}$ . Mikä on ilman lämpötila kuristusventtiilin jälkeen, jos virtausnopeudet ovat merkityksettömän pieniä?
  - Vesilämmitteiselle lämmönsiirtimelle johdetaan puhaltimella huoneilmaa  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  lämpötilassa  $20^\circ\text{C}$  (ilman moolimassa  $0,029 \text{ kg/mol}$ ). Ilma lämpenee lämmönvaihtimessa lämpötilaan  $60^\circ\text{C}$ , ilmavirran painehäviö lämmönsiirtimessä on  $5 \text{ kPa}$  ja vesivirran  $50 \text{ kPa}$ . Laske lämmönsiirtimen vedestä ilmaan siirtämä lämpöteho ( $W$ ) ja laske veden ulostulolämpötila lämmönsiirtimestä, kun vesivirta on  $0,5 \text{ l/s}$  ja veden sisäänmenolämpötila lämmönsiirtimeen on  $65^\circ\text{C}$ .
  - Laske c-kohdan puhaltimen ottama akseliteho, kun puhaltimen (isentrooppinen) hyötysuhde on  $0,65$ .