

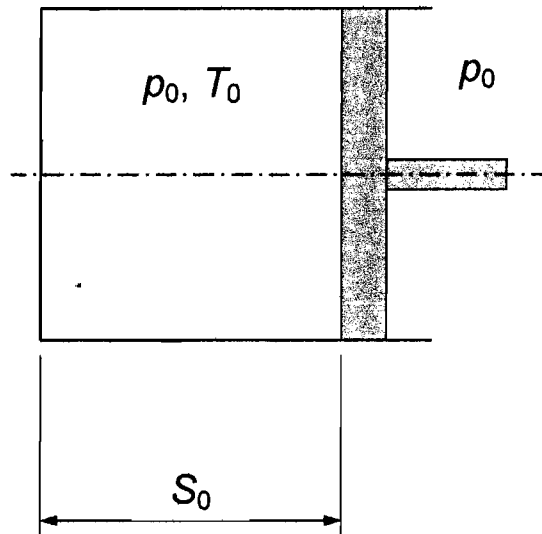
Ene-39.2001 Termodynamiikka ja lämmönsiirto Tentti 17.12.2007 klo 09-13.

Tehtävät 1- 4 suoritetaan ensin tukimateriaalin kanssa (klo 9 -12) ja sen jälkeen tehtävät 5 - 6 ilman mitään tukimateriaalia (klo 12 -13). Tukimateriaalina saa olla mitä tahansa, mukaanlukien omakätiset muistiinpanot, mutta ei laskuharjoitustehtäviä ratkaisuihin eikä laskuharjoitusmonistetta 147 (tai 135). Opisto- ja AMK-insinöörit suorittavat halutessaan vain tehtävät 1-4. Kunkin vastauspaperin yläreunaan tulee tällöin merkitä selvästi sana Insinööri.

1. Tarkastellaan kuvassa esitettyä sylinteriä. Sylinteri sisältää heliumkaasua, joka voidaan olettaa ideaalikaasuksi. Alkutilanne on seuraava:
- Sylinterin tilavuus on $V_0 = 0,08 \text{ m}^3$.
 - Sylinterissä olevan kaasun paine on $p_0 = 200 \text{ kPa}$.
 - Sylinterissä olevan ilman lämpötila on $T_0 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sylinterin sisällä oleva mäntä liikkuu niin, että kaasun paine nousee arvoon $p_1 = 450 \text{ kPa}$. Puristusprosessi on isentrooppinen.

- Mikä on kaasun lämpötila puristusprosessin lopussa?
- Mikä on kaasun tilavuus puristusprosessin lopussa?
- Kuinka suuri on prosessin aikana heliumkaasusta ympäristöön siirtynyt lämpö?
- Kuinka suuri on prosessin aikana heliumkaasuun tehty puristustyö?



2. Tarkastellaan sandwich-rakenteista seinäelementtiä. Elementin ulko- ja sisäpinnassa on $s_p = 0,5 \text{ mm}$ paksuinen teräslevy ja niiden välissä $s_e = 60 \text{ mm}$ paksuinen mineraalivillaaeriste. Sisäpinnan lämpötilaksi mitataan $T_{ps} = 30^\circ\text{C}$ ja ulkopinnan lämpötilaksi $T_{pu} = -20^\circ\text{C}$. Ulkopinnasta siirtyy lämpöä ympäristöön konvektion ja säteilyn välityksellä. Ympäristön lämpötila on $T_\infty = -30^\circ\text{C}$.
- Laske seinäelementin läpi tapahtuva lämpöhäviö [W/m^2].
 - Arvioi ulkopinnan konvektiolämmönsiirtokerroin.

3. Putkijohdossa virtaavan veden massavirta on 4 kg/s, paine 30 bar ja lämpötila 160 °C. Vesi virtaa kuristusventtiilin läpi, jolloin paine laskee arvoon 1 bar. Tällöin osa vedestä höyrystyy.
- Arvioi höyrystyvän veden osuus.
 - Arvioi entropian generoituminen systeemissä.
4. Sähkömoottori, jonka pyörimisnopeus on 1470 k/min, pyörittää hihnapyörän välityksellä puhallinta, jonka pyörimisnopeus on 4500 k/min. Puhaltimen imuaukkoon menevä ilmavirta on 0.5 m³/s (20°C, 1 bar) ja paineaukosta poistuvan ilman lämpötila on 22.5°. Laske sähkömoottorin ottama sähköteho, jos moottorin hyötysuhde on 0.96 ja hihnavälityksen hyötysuhde 0.9. Laske hihnavälityksessä kehittyvä lämpöteho.

Ene-39.2001 Termodynamiikka ja lämmönsiirto

Tentti 17.12.2007 klo 09-13, osa II (klo 12-13).

Tehtävät 5 - 6 suoritetaan ilman tukimateriaalia klo 12 -13.

5. Kaikille kiertoprosesseille pätee $W_{\text{out}} - W_{\text{in}} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}$. Osoita tämän perusteella että systeemille voidaan aina määrittellä käsite sisäenergia, joka on vain systeemin tilan funktio, ja jolle pätee

$$U(B) - U(A) = [Q_{\text{in}}(\mathcal{P}) - Q_{\text{out}}(\mathcal{P})] + [W_{\text{in}}(\mathcal{P}) - W_{\text{out}}(\mathcal{P})],$$

missä \mathcal{P} on mielivaltainen muutosprosessi tilasta A tilaan B.

6.

- Vesi virtaa putkessa tilavuusvirralla 1 litra/s. Putkeen on asennettu sähkövastus joka lämmittää veden lämpötilasta 10°C lämpötilaan 30°C . Laske sähkövastuksen teho.
- Ilma virtaa putkessa kuristusventtiilin läpi pienellä nopeudella. Ennen venttiiliä ilman tilavuusvirta on $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, lämpötila 15°C ja paine 10 bar. Venttiilin jälkeen paine on 1 bar. Mikä on ilman lämpötila venttiilin jälkeen?
- Laske ilman massavirta b) - kohdassa? Ilman moolimassa on $0,029 \text{ kg/mol}$.
- Erään voimalaitoksen kattilan tulipesässä lämpötila on 1300°C ja voimalaitoksen lauhduttimeen pumpattavan jäähdytysveden lämpötila on 10°C . Laske näiden tietojen perusteella voimalaitoksen termodynaamisesti korkein mahdollinen hyötysuhde?
- Vastaa tämän paperin kääntöpuolella olevan vesihöyryn h,s-piirroksen perusteella: Höyry paisuu isentrooppisesti tilasta (400°C , 20 bar) paineeseen 0,2 bar. Mikä on paisunnan jälkeen likimain höyryn lämpötila ja nestemäisen veden massaosuus höyryssä?
- Turbiinin akseliteho on 100 MW ja akselin pyörimisnopeus 3000 rpm. Laske vääntömomentti akselilla?

20. (jatkoa)

Tarkempi vesihöyryn h,s-piirros alueelta, jossa höyryvoimaprocessit yleensä toimivat.

Entalpi ja entropian nollatasona on vesi kolmoispisteessä (0,01°C ja 0,00611 bar).

