

Ene-39.2001 Termodynamiikka ja lämmönsiirto**Tentti 10.01.2011 klo 13-17, osa II (klo 16-17).**

Tehtävät 5 - 6 suoritetaan ilman mitään tukimateriaalia klo 16-17.

5. Ominaisentropian $s(T, p)$ kokonaisdifferentiaalille voidaan johtaa kaava

$$ds = \frac{c_p}{T} dT - \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p dp$$

missä $c_p(T, p) \equiv \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_p$ on ominaislämpökapasiteetti (J/kgK) ja $v(T, p)$ on ominaistilavuus (m^3/kg).

a) Johda tämän kaavan avulla yleinen tulos entropian muutokselle

$$s(T_2, p_2) - s(T_1, p_1) = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_p(T, p_2)}{T} dT - \int_{p_1}^{p_2} \frac{\partial v}{\partial T}(T_1, p) dp.$$

b) Johda a-kohdan tuloksen perusteella ideaalikaasulle pätevä yhtälö

$$s(T_2, p_2) - s(T_1, p_1) = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - \frac{R}{M} \ln \frac{p_2}{p_1}.$$

Ohje: ideaalikaasulle pätee $v = \frac{RT}{Mp}$, missä M on kaasun moolimassa (kg/mol) ja $R=8.314$ J/molK.

c) Johda lähtien b-kohdan tuloksesta ideaalikaasun isentrooppiselle muutokselle pätevä kaava

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}, \text{ missä } \kappa \equiv c_p / c_v. \text{ Ohje: ideaalikaasulle pätee } c_p - c_v = R / M.$$

6. Vastaa seuraaviin kysymyksiin. Voit piirtää kuvia havainnollistamaan ajatuksia.

- Virtaussysteemin energiataseessa esiintyy termi ominaisentalpia $h=u+pv$ (J/kgK). Miksi termi pv (paine x ominaistilavuus) tulee yhtälöihin mukaan ominaissisäenergian u rinnalle, minkä asian se ottaa huomioon?
- Kuvaile Carnotin kiertoprosessi ja esitä missä mielessä se on paras lämpövoimaprozessi. Selitä lyhyesti miten Carnotin kiertoprosessi liittyy absoluuttiseen termodynaamiseen lämpötila-asteikkoon.
- Energiataseen yhteydessä puhutaan, että sisäenergia on systeemin tilan funktio, kun taas työ- ja lämpömäärät riippuvat itse muutosprosessista. Selitä mitä tämä lause tarkoittaa. Anna esimerkki joka havainnollistaa lauseen merkitystä.