

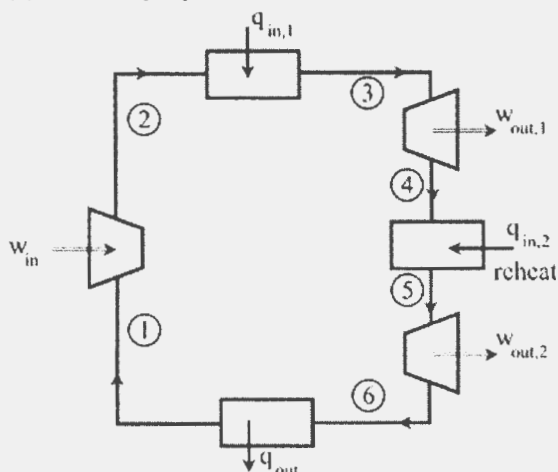
## Tfy-0.3131 Termodynamiikka (5 op)

tentti 22.10.2012

Kokeessa saa käyttää apuna (graafista) laskinta. Vastaa kaikkiin 5 tehtävään.

**Tehtävä 1 (6p):** Suljetussa Brayton-syklissä on kaksivaiheinen turbiini. Oletetaan turbiinit isentrooppisiksi. Korkeapaineisen (ensimmäisen) vaiheen sisääntulossa kaasun lämpötila on 1100 K ja paine 10 atm. Ensimmäisen vaiheen jälkeen kaasun paine on 5 atm ja se lämmitetään uudelleen (reheat) 1100 K:iin. Kaasu syötetään toiseen turbiinivaiheeseen, jonka ulostulossa kaasun paine on 1 atm. Kompressorin sisääntulolämpötila 27°C. Työaineena on argon, joka oletetaan ideaalikaasuksi, jolle  $\gamma = c_p/c_v = 5/3$ ,  $R = 208 \text{ J/kgK}$ .  $1 \text{ atm} = 101,33 \text{ kPa}$

- Piirrä syklin T-s diagrammi (2 p.)
- Laske syklin hyötysuhde (%) (2 p.)
- Laske hyötysuhde ilman uudelleenlämmitysvaihetta (2 p.)



**Tehtävä 2 (6p):** Ideaalikaasu laajenee a) reversiibelisti ja isotermisesti; b) reversiibelisti ja adiabaattisesti; c) vapaasti (tekemättä työtä) ja adiabaattisesti alkutilavuudesta  $V$  lopputilavuuteen  $2V$ . Määritä kaasun entropian ja kokonaisentropian muutokset kussakin kolmessa tapauksessa.

**Tehtävä 3 (6p):** Kuminauhan tilanyhtälö on  $I = KT \frac{L - L_0}{L_0}$ ,

missä  $I$  on nauhaa jännittävä voima,  $T$  nauhan lämpötila ja  $L$  jännitetyn nauhan pituus.

a) Laske pituuden lämpötilakertoimen  $\alpha = \frac{1}{L} \left( \frac{\partial L}{\partial T} \right)_I$  lauseke ja tutki sen merkkiä. Mitä tapahtuu nauhan lämmitessä?

b) Paljonko tehdään työtä ja paljonko nauhaan siirtyy lämpöä, kun nauha venytetään isotermisesti ja reversiibelisti kaksinkertaiseen pituuteensa?

c) Miten nauhan lämpötila muuttuu, jos venytys tehdään adiabaattisesti ja reversiibelisti?

Nauhan alkulämpötila  $T_0 = 300 \text{ K}$ , vakio  $K = 2 \cdot 10^{-2} \text{ N/K}$ , nauhan lepopituus  $L_0 = 0,25 \text{ m}$ , nauhan massa  $m = 10 \text{ g}$  ja nauhan ominaislämpökapasiteetti  $c_L = 100 \text{ J/(kg K)}$ . Vihje: Ensimmäinen  $TdS$ -yhtälö voidaan tässä tapauksessa kirjoittaa muodossa

$$TdS = C_L dT - T \left( \frac{\partial I}{\partial T} \right)_L dL.$$

#### Tehtävä 4 (6p)

Selitä lyhyesti seuraavat kohdat (max 1/4 sivua per kohta, perustelee termodynamiikan avulla):

- Miksi peruna kannattaa keittää suolavedessä? (1p)
- Voiko ideaalikaasulaille kuvata faasimuutoksia, miksi voi tai miksi ei voi? (1p)
- Mikä on korkein hyötysuhde, jolla lämpöä voidaan muuttaa työksi? (1p)
- Kurssin alussa jaettiin pieni valkoinen ”murunen (polymeeri)”, joka veteen laitettuna paisuu (20-30x), muuttuu läpinäkyväksi, mutta säilyttää muotonsa. Selitä mistä tässä voisi olla kyse? (2p)
- Sekoitetaan yhteen ligandeja ja metalli-ioneja, joilloin lopputuotteina syntyy supramolekyylijä. Mitä termodynaamista periaatetta käyttäen voisit hahmottaa syntyvän molekyylin rakenteen (Nobelisti Jean-Marie Lehn)? (1p)

#### Tehtävä 5 (6 p)

Liuos ja liuotin on erotettu puoliläpäisevällä membraanilla, joka ei välitä mekaanista voimaa eikä lämpöä, mutta liuotin pääsee kulkemaan sen läpi. Osoita, että membraanin yli syntyvä paine-ero (ns. osmoottinen paine) on  $\sim x_s RT$ , jossa  $x_s$  = liuoksen konsentraatio,  $T$  = lämpötila,  $R$  = kaasuvakio. van't Hoff sai tämän relaation johtamisesta Nobelin palkinnon vuonna 1901.

