

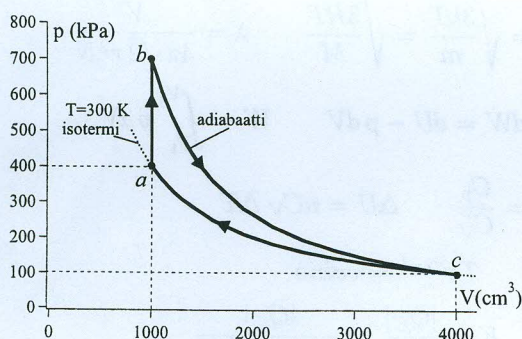
FYS-1160 Fysiikka S 2 (Partanen)

1. välikoe 21.10. 2011

Tentissä saa olla mukana funktiolaskin, joka ei ole ohjelmoitava. Opiskelijalla ei saa olla tentissä mukana kaava- tai taulukkokirjaa.

Tehtävät 1. - 3. liittyvät kuvaan 1. ja tehtävissä tarkastellaan samaa lämpövoimakonetta. Laske tehtävien välivaiheet mahdollisimman tarkkoilla arvoilla, ja pyöristä vain lopputulokset. Yleinen kaasuvakio $R = 8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$.

- Lämpövoimakone käyttää työaineena kaasua, jonka muodostaa 2-atomiset molekyylit ($C_V = \frac{5}{2}R$ ja $C_p = \frac{7}{2}R$). Lämpövoimakoneen kiertoprosessi $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow a$ on kuvan 1. pV-diagrammin mukainen. Prosessi $b \rightarrow c$ on adiabaattinen ja prosessi $c \rightarrow a$ on isoterminen, $T = 300,0 \text{ K}$. Tilassa a systeemin tilavuus on $1000,0 \text{ cm}^3$ ja paine $400,0 \text{ kPa}$. Tilassa c systeemin tilavuus on $4000,0 \text{ cm}^3$ ja paine $100,0 \text{ kPa}$. Voidaan olettaa, että kaasu käyttäytyy ideaalikaasun tavoin.
 - Laske kaasun paine, tilavuus ja lämpötila tilassa b . (3p)
 - Laske kaasun ainemäärä. (1p)
 - Laske kaasun kokonaisenergia eli termien energia tilassa a . (2p)
- Tarkastellaan samaa lämpövoimakonetta kuin tehtävässä 1.
 - Laske systeemin ΔU , W ja Q jokaiselle termodynaamiselle prosessille $a \rightarrow b$, $b \rightarrow c$ ja $c \rightarrow a$. Kirjoita lopputulokset taulukkoon mallin Taulukko 1. mukaisesti. (4p)
 - Laske lämpövoimakoneen yhden syklin aikana tekemä työ ja koneen hyötysuhde. (2p)
- Tarkastellaan samaa lämpövoimakonetta kuin tehtävässä 1. Laske entropian muutos ΔS jokaisessa prosessissa $a \rightarrow b$, $b \rightarrow c$ ja $c \rightarrow a$ sekä lämpövoimakoneen kokonaisentropian muutos. (6p)



Prosessi	Q	W	ΔU
$a \rightarrow b$			
$b \rightarrow c$			
$c \rightarrow a$			
netto			

Taulukko 1.

Kuva 1.

- Kupissa on $3,00 \text{ dl}$ kuumaa kahvia (lämpötila $90,0^\circ\text{C}$). Kahvin sekaan tiputetaan jääpala pakastimesta, jonka lämpötila on $-20,0^\circ\text{C}$. Jää sulaa kahviin ja tasapainotilanteessa juoma on jäähtynyt $60,0^\circ\text{C}$ lämpötilaan. Laske kahviin laitetun jääpalan massa. Kahvin ja jään seos oletetaan ympäristöstään eristetyksi, eikä lämmönvaihtoa kupin kanssa tarvitse ottaa huomioon. Vakioita: $\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3$, $L_{f,H_2O} = 3,33 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$, $c_{H_2O} = 4190 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$, $c_{jää} = 2090 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ (6p)

Käännä $\rightarrow$

5. a) Termodynamiikan 2. pääsääntö rajoittaa lämpövoimakoneen hyötysuhdetta ja jäähdyttimen tehokerrointa. Millainen on termodynamiikan 2. pääsääntö lämpövoimakoneelle ja jäähdyttimelle? Piirrä myös pääsääntöön liittyvä energiavirtojen kuvaaja systeemin sekä kylmä- ja lämpösäiliöiden välillä. (4p)
- b) Höyryturbiinissa vesihöyry lämmitetään maksimilämpötilaan $350,0^\circ\text{C}$. Lauhduttimessa höyry tiivistyy vedeksi ja veden lämpötila laskee $45,0^\circ\text{C}$ vapauttaen samalla hukkalämpöä $1000,0\text{ MW}$ teholla. Laske höyryturbiinin maksimihiötysuhde. Kuinka suurella teholla höyryturbiini tuottaa mekaanista työtä, jos oletetaan, että höyryturbiini toimii maksimihiötysuhteella? (2p)

Kaavakokoelma:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad \Delta V = \beta V_0 \Delta T \quad \frac{F}{A} = -Y \alpha \Delta T$$

$$Q = nC \Delta T = mc \Delta T \quad Q = \pm mL \quad dQ = nC dT = mc dT \quad m = nM$$

$$H = \frac{dQ}{dt} = kA \frac{T_H - T_C}{L} \quad H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad H = A\epsilon\sigma(T^4 - T_s^4)$$

$$pV = nRT \quad \left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \quad V = V_0[1 + \beta(T - T_0) - k(p - p_0)]$$

$$k = -\frac{1}{V_0} \left(\frac{\Delta V}{\Delta p}\right)_T \quad \beta = \frac{1}{V_0} \left(\frac{\Delta V}{\Delta T}\right)_p$$

$$K = \frac{3}{2}nRT \quad v_{rms} = \sqrt{(v^2)_{av}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad \lambda = \frac{V}{4\pi\sqrt{2}r^2N}$$

$$\Delta U = Q - W \quad dU = dQ - dW = dU - p dV \quad W = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

$$C_p = C_V + R \quad \gamma = \frac{C_p}{C_V} \quad \Delta U = nC_V \Delta T$$

$$pV^\gamma = \text{vakio} \quad TV^{\gamma-1} = \text{vakio}$$

$$e = \frac{W}{Q_H} = 1 + \frac{Q_C}{Q_H} \quad K = \frac{|Q_C|}{|W|} = \frac{|Q_C|}{|Q_H| - |Q_C|}$$

$$\frac{T_C}{T_H} = \frac{|Q_C|}{|Q_H|} \quad e_{Carnot} = 1 - \frac{T_C}{T_H} \quad K_{Carnot} = \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

$$dS = \frac{dQ}{T} \quad \Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$