

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

1. Selitä lyhyesti seuraavat kohdat:

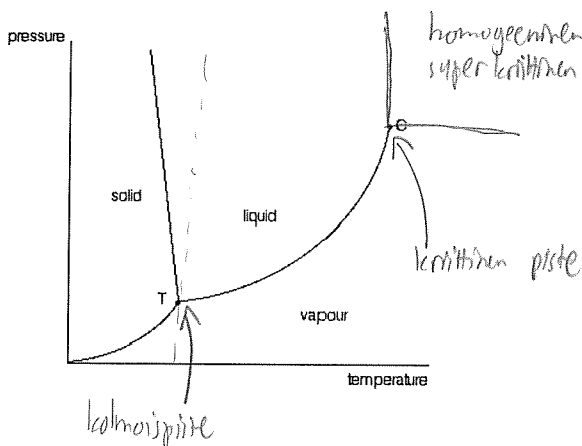
- Pintajännitys
- Osmoottinen paine
- Termodynaaminen tasapainotila ja stabiilisuusehdot
- Gibbsin faasisääntö

2. Kuinka suuri työ tehdään, kun ideaalikaasua puristetaan a) reversiibelisti ja adiabaattisesti, b) reversiibelisti ja isotermissesti tilavuudesta V_1 tilavuuteen V_2 ? Mikä on kaasuun siirtynyt lämpömäärä ja kaasun sisäenergian muutos kummassakin prosessissa? Miten poikkeavat työ, kaasuun siirtynyt lämpömäärä ja sisäenergian muutos, jos prosessi on reaalinen (irreversiibeli)?

3. Johda seuraavat Maxwellin relaatiot lähtien termodynaamisista potentiaaleista:

- $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_{S,N} = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_{P,N}$ (vihje: entalpia)
- $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_{T,N} = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{P,N}$ (vihje: Gibbsin energia)

4. Selitä yksityiskohtaisesti alla oleva veden faasidiagrammi ja sen osat laajalla paine-lämpötila-alueella (faasien väliset tasapainokäyrät, erikoispisteet, faasien väliset erot, yms.)



Clausius-Clapeyron:

$$\left(\frac{dP}{dT}\right)_{\text{käet}} = \frac{\Delta H}{T\Delta V}$$

$$\eta_{s,l} = 0,95 \quad \text{ja} \quad \eta_{s,T} = 0,90$$

5. Suljetussa Brayton-syklissä (kuva alla) on sekä kaksivaiheinen kompressorivaihe välijähdytyksellä että kaksivaiheinen turbiinivaihe välilämmityksellä. Kummankin kompressorin isentrooppinen hyötysuhde on 95 % ja kummankin turbiinin 90 %. Välilämmitys ja välijähdytys tapahtuvat 5 atm paineessa, ja sykli toimii 1 atm ja 10 atm välissä. Turbiinin 1. vaiheen sisääntulon lämpötila on 1100 K ja kompressorin 1. vaiheen 27 °C. Välilämmitys nostaa turbiinin 2. vaiheen sisääntulolämpötilaksi 1100 K, ja välijähdytys laskee kompressorin 2. vaiheen sisääntulon 100 °C:een. Prosessit kompressoreissa ja turbiineissa voidaan olettaa adiabaattisiksi ja lämmönvaihtimet isobaarisiksi. Työaineena on argon, joka oletetaan ideaalikaasuksi seuraavilla arvoilla: kaasuvakio $R = 0.208$ kJ/kg, $\gamma = c_p/c_v = 5/3$

- Piirrä syklin P - v -diagrammi
- Piirrä syklin T - s -diagrammi
- Laske syklin hyötysuhde (%)

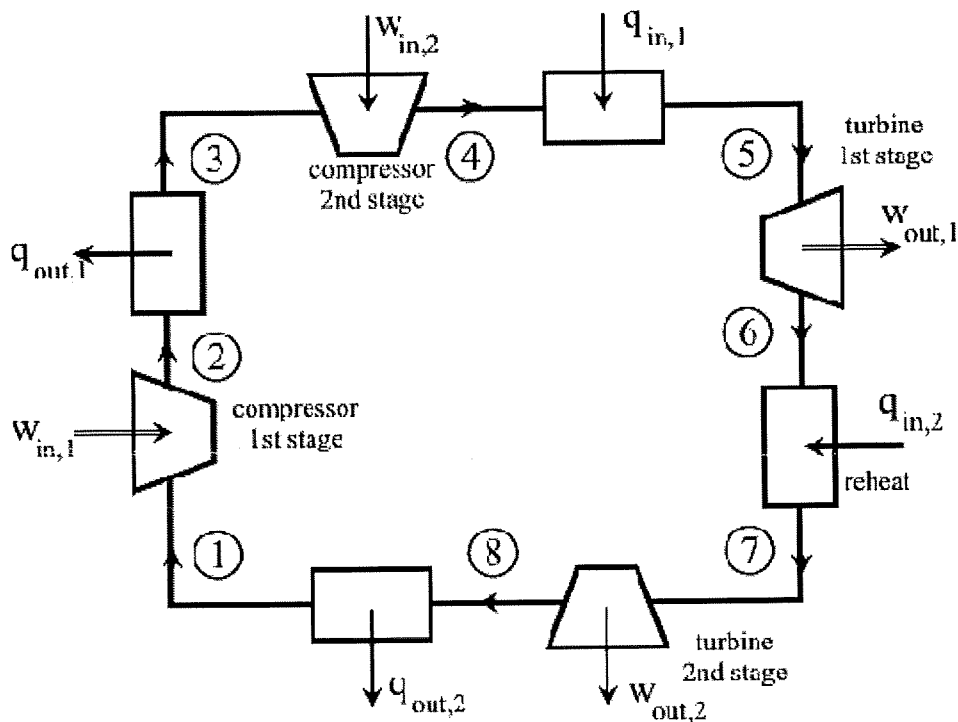
KÄÄNNÄ!

Vinkkejä:

- Ideaalikaasun ominaislämpökapasiteeteille pätee: $c_p - c_v = R$.
- Turbiinin isentrooppinen hyötysuhde määritellään todellisen turbiinin ja samaan ulostulopaineeseen päätyvän isentrooppisen turbiinin tekemän työn (w_{OUT}) suhteen. Kompressorille vastaavasti isentrooppisen prosessin ja todellisen prosessin tarvitseman ulkoisen työn (w_{IN}) suhteen.
- Ideaalikaasulle isentrooppisessa prosessissa $A \rightarrow B$ pätee

$$\frac{T_A}{T_B} = \left(\frac{P_A}{P_B} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$\eta_{S,T} = \frac{\Delta W_{out,r}}{\Delta W_{out,s}} =$$



Mahdollisesti tarvittavia tietoja:

- Veden ominaistilavuus on $1.00013 \text{ cm}^3/\text{g}$.
- Jään ominaissulamislämpö on 335 J/g ja ominaistilavuus $1.0907 \text{ cm}^3/\text{g}$
- $1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$

$$TV^{\gamma-1} = C \quad \Rightarrow \quad T = \frac{PV}{k_B N} \quad \Rightarrow \quad P \cdot V^{\gamma} = C \quad \Rightarrow \quad \underline{P V^{\gamma} = C}$$

$$\Rightarrow T \quad dU = \delta Q - \delta W + \mu N \quad \delta Q = T ds \quad \delta W = PdV$$

$$\frac{\frac{5}{3}-1}{\frac{5}{3}} = \frac{2}{5}$$