

Tfy-0.3131 Termodynamiikka (5 op)
tentti 27.8.2009

1. Johda seuraavat Maxwellin yhtälöt:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_{T,N} = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{P,N} \quad \text{ja} \quad \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_{S,N} = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_{P,N}$$

Mitä hyötyä tällaisista yhtälöistä voisi olla?

2. Johda ns. toinen TdS-yhtälö $TdS = C_p dT - T \alpha_p V dP$

3. Van der Waalsin tilanyhtälö

$$P = \frac{nRT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

kuvaa reaalisia kaasuja. Kerroin a kuvaa hiukkasten välisiä vuorovaikutuksia ja b hiukkasten kokoa (yhden kaasumoolin hiukkasten kokonaistilavuus).

- Määritä tilavuuden lämpötilakertoimen α_p (l. lämpölaajenemiskertoimen) lauseke.
- Osoita, että lämpökapasiteetti vakio-tilavuudessa riippuu vain lämpötilasta.
- Johda lauseke entropian muutokselle dS tilavuuden ja lämpötilan muutosten avulla.

4. Mäntämoottori toimii ideaalisella (ilma-standardi) Otto-syklillä. Paine ja lämpötila isentrooppisen puristusvaiheen alussa ovat 100 kPa ja 40 °C. Paine puristusvaiheen lopussa on 2.0 MPa ja syklissä tehty nettotyö on 300 kJ/kg.

- Kuvaile mistä vaiheista Otto-sykli koostuu.
- Piirrä kiertoprosessi P - v ja T - s -koordinaatistoissa.
- Laske syklin puristussuhde $r_v = v_{\max}/v_{\min}$, maksimilämpötila ja hyötysuhde.

Tässä v on työaineen ominaistilavuus (m^3/kg) ja s ominaisentropia ($\text{kJ}/(\text{kgK})$). Voit käyttää ilman ideaalikaasuarvoja lämpötilassa 25 °C: $c_v = 0.7179 \text{ kJ}/(\text{kgK})$, $\gamma = c_p/c_v = 1.4$, $R = 0.287 \text{ kJ}/(\text{kgK})$. (Huom. luennoilla myös: $\gamma = k$).

5. Järven jäälle asetetaan punnus, jonka massa on 10 kg ja pohjan pinta-ala 5 cm^2 . Jään kantavuus on hieman punnuksen aiheuttamaa kuormaa suurempi ja ulkoilman lämpötila on 0 °C. Ilmanpaine on normaali eikä tuulen vaikutusta tarvitse ottaa huomioon. Mitä tapahtuu ja miksi? (Ei pelkkää sanallista selitystä; myös lasku!) Apuja: jään ominaissulamislämpö = 335 J/g, jään ominaistilavuus = $1.0907 \text{ cm}^3/\text{g}$, veden ominaistilavuus = $1.00013 \text{ cm}^3/\text{g}$.