

**Tehtävä:** 1. Tarkastele syklistä prosessia silmukalla 1-3-2-4-1. (a) Laske kokonaistyö ja osoita, että se on sama kuin pinta-ala  $A$ . (b) Mikä on prosessin tekemä työ, jos kierretään 1-4-2-3-1? (c) Entäs reitillä 1-2-4-1 jossa 1-2 on isoterminen?

**Vastaus:** (a) vakiotilavuudessa (3-2 ja 4-1)  $W = 0$ .  $W = p(v_2 - v_1)$  Eli:

$$W_{kok} = p_1 * (v_2 - v_1) + 0 + p_2 * (v_1 - v_2) + 0 = p_1 * v_2 - p_1 * v_1 + p_2 * v_1 - p_2 * v_2 = v_2 * (p_1 - p_2) - v_1 * (p_1 - p_2) = (p_1 - p_2) * (v_2 - v_1) = \Delta p * \Delta v$$

(b) vakiotilavuudessa (1-4 ja 2-3)  $W = 0$ .  $W_{kok} = 0 + p_2 * (v_2 - v_1) + 0 + p_1 * (v_1 - v_2) = p_2 * v_2 - p_2 * v_1 + p_1 * v_1 - p_1 * v_2 = v_1 * (p_1 - p_2) + v_2 * (p_2 - p_1) = (v_1 - v_2) * (p_1 - p_2) = -\Delta v * \Delta p$

(c) isotermiselle  $W = nRT * \ln(\frac{v_2}{v_1})$  (1-2) ja vakiotilavuudessa  $W = 0$  (4-1)  $W_{kok} = nRT * \ln(\frac{v_2}{v_1}) + p(v_1 - v_2) + 0$

**Tehtävä:** 2. Sylinterissä oleva kaasu laajenee tilavuudesta  $V = 0.110m^3$  tilavuuteen  $V = 0.320m^3$ . Kaasuun virtaa lämpöä ja paine pysyy vakiona, arvossa  $1.65 * 10^5 Pa$ . Lisätty lämpömäärä on kokonaisuudessaan  $Q = 1.15 * 10^5 J$ . (a) Mikä on kaasun tekemä työ? (b) Mikä on kaasun sisäenergian muutos? (c) Onko kaasun ideaalisuudella merkitystä?

**Vastaus:** (a)  $W = p(v_2 - v_1)$ .  $W = 1.65 * 10^5 Pa * (0.320m^3 - 0.110m^3) = 34650 J \approx 34.7 kJ$

(b)  $dU = dQ - dw$ .  $dU = 1.15 * 10^5 J - 0.34650 * 10^5 J = 80350 J \approx 80.4 kJ$

(c) Käytetään tilanyhtälöä -> ei ole.

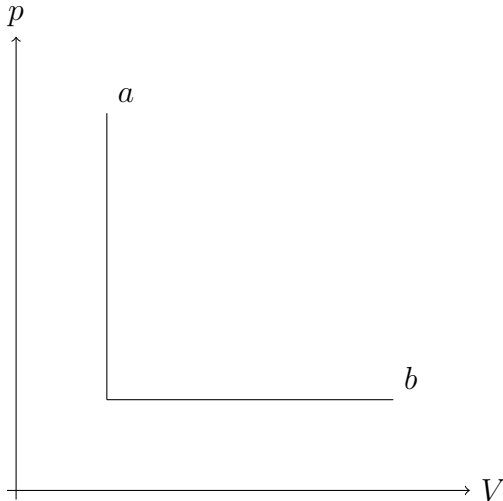
**Tehtävä:** 3. Vettä keitetään paineessa  $p = 2.00 atm$ . Sen höyrystymislämpö on  $2.20 * 10^6 J/kg$  ja kiehumislämpötila  $T = 393.15 K$ .  $1.00 kg$  vettä ottaa tilavuuden  $1.00 * 10^{-3} m^3$  ja  $1.00 kg$  höyryä  $0.824 m^3$ . (a) Paljonko tehdään työtä, kun  $1.00 kg$  vettä höyrystetään tässä lämpötilassa? (b) Laske prosessiin liittyvä sisäenergian muutos.

**Vastaus:** (a)  $W = p * (v_2 - v_1) = 202650 Pa * (0.824 m^3 - 1.00 * 10^{-3} m^3) = 16995 J \approx 17 kJ$

(b)  $dU = Q - W = L_v - W = 2.20 * 10^6 J/kg * 1.00 kg - 16995 J = 2.183 * 10^6 J \approx 2180 kJ$

**Tehtävä:** 4. Kokeessa simuloitiin moottorin sylinterin olosuhteita käyttäen  $0.185\text{mol}$  ilmaa lämpötilassa  $T = 780\text{K}$  ja paineessa  $p = 3.00 \cdot 10^6\text{Pa}$ . Sylinterin tilavuus on  $40.0\text{cm}^3$ . Sylinteriin lisätään lämpöä  $645\text{J}$ . (a) Jos tilavuus pysyy vakiona, mikä on lopulta ilman lämpötila? Ilma on oleellisesti tyypeä, arvot taulukosta 19.1. Piirrä  $pV$ -diagrammi. (b) Jos tilavuuden annetaan muuttua, ja paine pidetään vakiona, mikä on loppulämpötila? Piirrä  $pV$ -diagrammi.

**Vastaus:** (a)  $C_v(N_2) = 20.76\text{J/molK}$ .  $Q = nC_v dT \Rightarrow dT = \frac{Q}{nC_v} = \frac{645\text{J}}{0.185\text{mol} \cdot 20.76\text{J/molK}} = 167.9425 \approx 168\text{K}$   
 (b)  $C_p(N_2) = 29.07\text{J/molK}$ .  $Q = nC_p dT \Rightarrow dT = \frac{Q}{nC_p} = \frac{645\text{J}}{0.185\text{mol} \cdot 29.07\text{J/molK}} = 119.9342 \approx 120\text{K}$



**Tehtävä:** 5. Kaasumasiella etaanilla ( $C_2H_6$ ) on adiabaattivakio  $\gamma = 1.220$  ja sitä voidaan käsitellä ideaalikaasuna. (a) Jos  $2.40\text{mol}$  etaania lämmitetään  $5\text{K}$  vakioaineessa  $p = 1.00\text{atm}$ , paljonko lämpöä tarvitaan? (b) Mikä on etaanin sisäenergian muutos? (c) Laske adiabaattivakiosta myös molaariset ominaislämpökapasiteetit ja etaanin molekyylin aktiivisten vapausasteiden lukumäärä.

**Vastaus:** (a)  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ ,  $C_p = C_v + R$  ja  $Q = nC_p dT \Rightarrow Q = n(\frac{R}{\gamma-1} + R)dT = 2.4\text{mol} * (\frac{8.31451}{0.220} + 8.31451) * 5 = 553.2928\text{J} \approx 550\text{J}$   
 (c)  $C_v = \frac{R}{\gamma-1} = \frac{8.31451}{0.220} = 37.79$  ja  $C_p = 37.79 + R = 46.11$  ja  $\gamma = \frac{f+2}{f} \Rightarrow f \approx 9$

**Tehtävä:** 6.  $n = 0.100\text{mol}$  yksiatomista ideaalikaasua. Alussa  $p = 1.00 * 10^5\text{Pa}$  ja  $V = 2.50 * 10^{-3}\text{m}^3$ . (a) Mikä on kaasun lämpötila? (b) Jos kaasu laajenee kaksinkertaiseksi, mikä on loppulämpötila (i) isotermisessä, (ii) isobaarisessa, (iii) adiabaattisessa laajenemisessa?

**Vastaus:** (a)  $pV = nRT \Rightarrow T = \frac{pV}{nR} = \frac{1.00 \cdot 10^5\text{Pa} \cdot 2.5 \cdot 10^{-3}\text{m}^3}{0.100\text{mol} \cdot 8.31451} = 300.6792 \approx 301\text{K}$   
 (bi) Sama kuin a. (bii)  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_1 * T_2 = V_2 * T_1 \Rightarrow T_2 = \frac{V_2 * T_1}{V_1} = \frac{300.6792 * 5.0 * 10^{-3}\text{m}^3}{2.5 * 10^{-3}\text{m}^3} = 601.3583 \approx 601\text{K}$  (kaksinkertainen)  
 (biii) Yksiatomisella ideaalikaasulla  $f = 3 \Rightarrow \gamma = \frac{f+2}{f} = \frac{5}{3}$ .  $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1 V_1^{\gamma-1}}{V_2^{\gamma-1}} = \frac{300.6792\text{K} * (2.50 * 10^{-3}\text{m}^3)^{2/3}}{(5.00 * 10^{-3}\text{m}^3)^{2/3}} = 189.4160 \approx 190\text{K}$