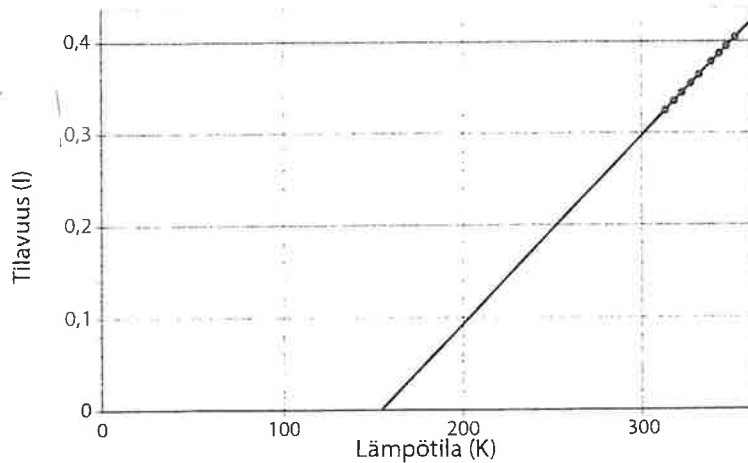


13-8.

- a) Kun mittaustulokset siirretään T, V -koordinaatistoon, kuvaajaksi tulee suora. Näin ollen suureiden V ja T välillä on lineaarinen riippuvuus. Koska kuvaaja ei kulje origon kautta, suureet eivät tämän mittauksen mukaan ole suoraan verrannollisia.



Kuva: Pertti Heikkilä

- b) Suoran pitäisi leikata T -akseli absoluuttisessa nollapisteessä. Nyt suora leikkaa T -akselin likimain kohdassa 150 K. Kyseessä on jokin systemaattinen mittausvirhe. Astiassa on saattanut olla esimerkiksi hieman nestemäistä vettä. Veden höyrystyessä kaasun määrä kasvaa, joten mittaus ei ole luotettava.

13-10.

$$p = 230 \text{ kPa}, V_1 = 0,43 \text{ m}^3, V_2 = 1,37 \text{ m}^3$$

$$\text{Kaasun tekemä työ on } p\Delta V = p \cdot (V_2 - V_1) = 230 \text{ kPa} \cdot (1,37 - 0,43) \text{ m}^3 \approx 220 \text{ kJ}.$$

13-11.

$$T_1 = (25 + 273,15) \text{ K} = 298,15 \text{ K}, T_2 = (-18 + 273,15) \text{ K} = 255,15 \text{ K},$$

$$p_1 = 102,1 \text{ kPa}, A = 4,3 \text{ cm}^2 = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Koska pullon tilavuus ei muutu, pullossa olevalle ilmalle on voimassa yhtälö $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. Tästä

$$\text{saadaan pullossa olevan ilman paineeksi } p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{102,1 \text{ kPa} \cdot 255,15 \text{ K}}{298,15 \text{ K}} \approx 87,375 \text{ kPa}.$$

Korkkiin kohdistuva voima on ulkoisen ilmanpaineen p_0 korkkiin kohdistaman voiman suuruuden F_1 ja pullon sisällä olevasta paineesta aiheutuvan voiman suuruuden F_2 erotus:

$$F = F_1 - F_2 = p_0 A - p_2 A = (p_0 - p_2) A = (101,325 \text{ kPa} - 87,375 \text{ kPa}) \cdot 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \approx 6,0 \text{ N}.$$

Voiman suunta on pulloon päin.

13-14.

$$p_1 = 101 \text{ kPa}, T_1 = (22 + 273,15) \text{ K} = 295,15 \text{ K}, d = 1,20 \text{ cm}, r = 0,0060 \text{ m}, F = 5,0 \text{ N}$$

$$\text{Männän pinta ala } A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (0,0060 \text{ m})^2 = 1,13097 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

Kaasun mäntään kohdistama nettovoima aiheutuu sylinterissä olevasta ylipaineesta. Tarvittavaksi

$$\text{ylipaineeksi saadaan } p = \frac{F}{A} = \frac{5,0 \text{ N}}{1,13097 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 44209,7 \text{ Pa}.$$

$$\text{Paine sylinterin sisällä on ylipaineen ja ympäröivän paineen summa } p_2 = p_1 + p = 101 \text{ kPa} + 44209,7 \text{ Pa} = 145209,7 \text{ Pa}.$$

Lämpötila, jossa mäntä alkaa liikkua, voidaan ratkaista lämpötilapainelakia $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ käyttäen.

$$\text{Tästä saadaan lämpötilaksi } T_2 = \frac{T_1 p_2}{p_1} = \frac{295,15 \text{ K} \cdot 145209,7 \text{ Pa}}{101 \text{ kPa}} = 424,342 \text{ K} \approx 150 \text{ }^\circ\text{C}.$$

13-15.

$$p_1 = 101 \text{ kPa}, V_1 = 0,68 \text{ cm}^3, h = 3,0 \text{ m}, \rho = 1000 \text{ kg/m}^3, g = 9,81 \text{ m/s}^2, A = 55 \text{ mm}^2 = 0,55 \text{ cm}^2$$

Kokonaispaine 3,0 m syvyydessä on ilmanpaineen ja hydrostaattisen paineen summa:
 $p_2 = p_1 + \rho gh = 101 \text{ kPa} + 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 3,0 \text{ m} = 130,430 \text{ kPa}.$

Koska kaasun määrä tai lämpötila välikorvassa ei muutu, käytetään painetilavuuslakia $p_1 V_1 = p_2 V_2$.

Välikorvan tilavuus kolmen metrin syvyydessä on

$$V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{101 \text{ kPa} \cdot 0,68 \text{ cm}^3}{130,430 \text{ kPa}} = 0,526566 \text{ cm}^3.$$

Mallinnetaan sisäkorvaa sylinterinä, jonka pohjan pinta-ala on tärykalvon pinta-ala. Tärykalvon siirtymä voidaan laskea tilavuuden muutoksesta ja männän pinta-alasta:

$$\Delta x = \frac{\Delta V}{A} = \frac{V_2 - V_1}{A} = \frac{0,526566 \text{ cm}^3 - 0,68 \text{ cm}^3}{0,55 \text{ cm}^2} \approx -0,28 \text{ cm}.$$

mm.

