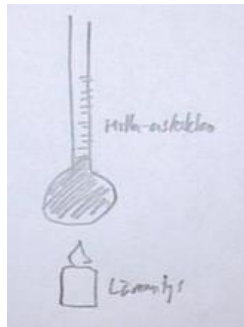


1. Oikea rivi: a, b, c, a, d, a, c, b, c, b

10 p

2. Tutkimus:

Suunnittele tutkimus jonka avulla voit määrittää tuntemattoman nesteen tilavuuden lämpötilakertoimen γ . Esittele laitteet, mitattavat suureet ja käytetyt kaavat.



*Kaava: $\Delta V = V_0 * \gamma * \Delta T$, missä ΔV = tilavuuden muutos (ml), ΔT = lämpötilan muutos (K),*

V_0 = tilavuus alussa (ml) ja γ = kysytty kerroin.

- a) Mittaa nesteen alkulämpötila T_0 ja -tilavuus V_0 .*
- b) Lämmitä nestettä ja mittaa T ja V useassa eri pisteessä.*
- c) Laske ΔT ja ΔV .*
- d) Piirrä saaduista pisteistä Loggerprolla (ΔT , ΔV)-kuvaaja ja määritä sen kulmakerroin k .*
- e) Kaavasta nähdään että $k = V_0 * \gamma \rightarrow \gamma = k / V_0$.*

6 p.

Vaihtoehtoisesti mittaa ainakin kaksi eri (T, V) -arvoa ja laske saatujen gammojen keskiarvo.

Tehtävä 3. Juomalasissa, jonka lämpökapasiteetti on 151 J/K , on 350 g mehua, jonka ominaislämpökapasiteetti on sama kuin veden. Mehua jäädytetään pakastimesta otetulla jäällä, jonka lämpötila on -20°C . Kuinka paljon jäätä on lisättävä, jotta mehu ja juomalasi jäähtyisivät lämpötilasta 24°C lämpötilaan 14°C ? Lämpövuotoja ympäristöstä ei oteta huomioon.

Ratkaisu $C = 151 \text{ J/}^\circ\text{C}$, $m = 0,350 \text{ kg}$, $c_{\text{mehu}} = c_{\text{vesi}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$, $c_{\text{jää}} = 2,09 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$,

$$s = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad t_{\text{jää}} = -20^\circ\text{C}, \quad t_a = 24^\circ\text{C}, \quad t_l = 14^\circ\text{C}$$

Kun lämpövuotoja ei oteta huomioon, mehulasin ja mehun luovuttama lämpömäärä on sama kuin jään ja sulaneen veden vastaanottama lämpömäärä. Lopputilanteessa lasi, mehu ja sulanut jää ovat samassa lämpötilassa t . Lasin luovuttama lämpömäärä on $Q_{\text{lasi}} = C\Delta t$, ja mehun luovuttama lämpömäärä on $Q_{\text{mehu}} = c_{\text{mehu}}m\Delta t$. Lasin ja mehun luovuttama lämpö kuluu jään lämmittämiseen ja sulattamiseen sekä sulaneen veden lämmittämiseen. Saadaan yhtälö $Q_{\text{lasi}} + Q_{\text{mehu}} = Q_{\text{jää}} + Q_{\text{vesi}}$. Koska jään vastaanottama lämpömäärä on $Q_{\text{jää}} = c_{\text{jää}}m_{\text{jää}}\Delta t_j + sm_{\text{jää}}$, ja sulaneen veden lämmittämiseen kuluva lämpömäärä on $Q_{\text{vesi}} = c_{\text{vesi}}m_{\text{jää}}\Delta t_{\text{vesi}}$, saadaan yhtälö

$$C\Delta t + c_{\text{mehu}}m\Delta t = c_{\text{jää}}m_{\text{jää}}\Delta t_j + sm_{\text{jää}} + c_{\text{vesi}}m_{\text{jää}}\Delta t_{\text{vesi}}.$$

Ratkaistaan sulaneen jään massa $m_{\text{jää}}$.

$$(C + c_{\text{mehu}}m)\Delta t = c_{\text{jää}}m_{\text{jää}}\Delta t_j + sm_{\text{jää}} + c_{\text{vesi}}m_{\text{jää}}\Delta t_{\text{vesi}}$$

$$m_{\text{jää}}(c_{\text{jää}}\Delta t_j + s + c_{\text{vesi}}\Delta t_{\text{vesi}}) = (C + c_{\text{mehu}}m)\Delta t \quad || : (c_{\text{jää}}\Delta t_j + s + c_{\text{vesi}}\Delta t_{\text{vesi}})$$

$$m_{\text{jää}} = \frac{(C + c_{\text{mehu}}m)\Delta t}{c_{\text{jää}}\Delta t_j + s + c_{\text{vesi}}\Delta t_{\text{vesi}}}$$

Lasketaan lämpötilaerot:

$$\Delta t = 24^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}, \quad \Delta t_j = 20^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}, \quad \Delta t_{\text{vesi}} = 14^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 14^\circ\text{C}$$

Sulaneen veden massa on

$$m_{\text{jää}} = \frac{(151 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}} + 4,19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 0,350 \text{ kg}) \cdot 10^\circ\text{C}}{2,09 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 20^\circ\text{C} + 333 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} + 4,19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 14^\circ\text{C}}$$

$$= 0,037 \text{ kg} = \underline{\underline{37 \text{ g}}}.$$

3.2:

6 p.

a) Talvirengas täytetään +2 °C lämpötilassa 2,4 barin paineeseen. Kuinka suuri paine on ennätyspakkasella −51,7 °C? Oletetaan että renkaan tilavuus ei muutu.

$$p_1/T_1 = p_2/T_2 \rightarrow p_2 = p_1 \cdot T_2/T_1 = 2,4 \text{ bar} \cdot 221,45/275,15 \text{ K} = 1,9316 \dots \text{ bar} \approx 1,9 \text{ bar}.$$

b) Painepullossa on 100,0 litraa typpikaasua N_2 , jonka paine on 5,0 bar ja lämpötila 18 °C. Laske kaasun massa.

$$pV = nRT \rightarrow n = pV/(RT) = 5,0 \text{ bar} \cdot 100,0 \text{ dm}^3 / (0,0831451 \text{ bar} \cdot \text{dm}^3 / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 291,15 \text{ K} / 5 \text{ bar}) = 20,6545 \dots \text{ mol}.$$
$$\text{Massa } m = n \cdot M = 20,65459 \text{ mol} \cdot 28,01 \text{ g/mol} = 578,742 \text{ g}.$$

Vast: n. 580 g.

3.3: a) $A = 2,2 \text{ cm}^2 = 0,00022 \text{ m}^2$, normaali ilmanpaine $p = 100 \text{ kPa} = 100\,000 \text{ Pa}$. Kysytty voima $F = p \cdot A$.

$$0,00022 \cdot 100000 = 22$$

Vast: Voima on n. 22 N. Silmä ei painu kasaan koska se on täynnä nestettä ja neste ei juurikaan puristu kasaan.

b)

Handwritten calculations on a grey background:

$$l_0 = 15,00 \text{ m}$$
$$\alpha (\text{teräs, MAOL}) = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$
$$\Delta t = 78^\circ \text{C} = 78 \text{ K}$$
$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T =$$

$\alpha(\text{Fe}) = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ kelpaa myös, vastaus suurinpiirtein sama.

$$15,00 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 78 = 0,01404$$

6 p.

Vast. Pituus muuttuu n. 0,01 m eli yhden sentin. Tämä huomioidaan rakennusvaiheessa niin, että kiskojen liitokseen jätetään pieni laajenemisvara, jolloin kiskot mahtuvat ”elämään” eivätkä väännä mutkalle.

c) $m = 1,8 \text{ kg}$, $h = 2,0$, $t = 1,15 \text{ s}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Tehty työ $W = mgh$ ja teho $P = W/t$ eli

$$1,8 * 9,81 * 2,0 / 1,15 \\ = 30,70956521739130434783$$

Vast: Nostoteho on n. 31 wattia.

4. Kysytty s on siis (m, Q) -kuvaajan kulmakerroin. Arvoksi pitäisi tulla n. 320 kJ/kg. Kirjan s. 115:

