

## TEHTÄVIEN RATKAISUT

**13-1. a)** Kostealta iholta haihtuu vettä. Haihtuminen tarvitsee energiaa, joka on osittain lähtöisin ihosta. Tästä seuraa viileä olo.

**b)** Iholta haihtuva neste (kynsilakanpoistoaine) ottaa haihtumiseen tarvittavan energian lämpimästä ihosta. Tällöin ihon pinta viilenee.

**c)** Märästä pyyhkeestä haihtuu vettä. Haihtumiseen tarvitaan energiaa, joka on peräisin osittain virvoitusjuomapullostsa, jolloin virvoitusjuomapullo ja juoma jäähtyvät.

**13-2.** Kullan sulattamiseen tarvittu energia on  $Q_{\text{tuotto}} = sm$ . Sulatusuunin

ottama energia on  $Q_{\text{otto}}$ . Uunin hyötysuhde on  $\eta = \frac{Q_{\text{tuotto}}}{Q_{\text{otto}}}$ . Uunin

tarvitsema energia kullan sulattamiseen on

$$Q_{\text{otto}} = \frac{Q_{\text{tuotto}}}{\eta} = \frac{sm}{\eta} = \frac{64 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 30,0 \text{ kg}}{0,58} \approx 3300 \text{ kJ}.$$

**13-3. a)** Veden ominaissulamislämpö on 333 kJ/kg, eli jäätä sulaa yhden kilogramman verran, kun sulamispisteessä olevaan jähän tuodaan energiaa 333 kJ.

**b)** Raudan ominaishöyrystymislämpö on 6,80 MJ/kg, eli rautaa höyrystyy puoli kilogrammaa, kun kiehumispisteessä olevaan rautaan tuodaan energiaa 3,40 MJ.

**13-4. a)** Jää on sulamispisteessä. Sulattamiseen tarvittava energia on

$$Q = sm = 0,15 \text{ kg} \cdot 333 \text{ kJ/kg} \approx 50 \text{ kJ}.$$

**b)** Rauta on kiehumispisteessä. Höyrystämiseen tarvittava energia on

$$Q = rm = 0,012 \text{ kg} \cdot 6,80 \text{ MJ/kg} \approx 0,082 \text{ MJ} = 82 \text{ kJ}.$$

- 13-5.** Veden höyrystämiseen tarvittava energia on  $Q = rm$ , joka on yhtä suuri kuin sähkölevyn luovuttama energia  $Q = Pt$  eli  $Pt = rm$ . Höyrystymiseen kuluva aika on

$$t = \frac{rm}{P} = \frac{2260 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot 0,25 \text{ kg}}{850 \text{ W}} \approx 664,706 \text{ s} = \frac{664,706}{60} \text{ min} \approx 11 \text{ min.}$$

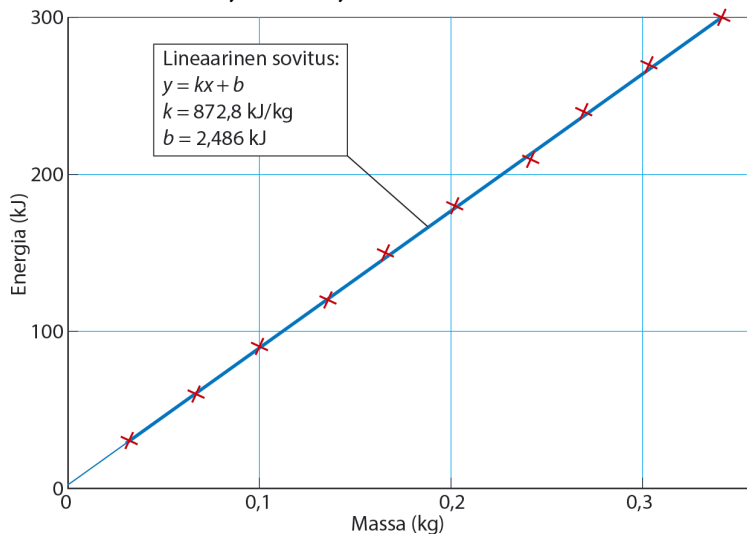
- 13-6.** Oletetaan, että lämpöhäviöt ovat vähäisiä, joten sähkövastuksen tuottama energia on likimain yhtä suuri kuin sulamiseen tarvittava energia. Aineen sulattamiseen tarvitaan energiaa  $Q = sm$ , jossa  $s$  on aineen ominaissulamislämpö. Kuvion mukaan sähkövastuksen tuottama energia sulattamisen aikana on 33 kJ, joten aineen ominaissulamislämpö on

$$s = \frac{Q}{m} = \frac{33 \text{ kJ}}{0,185 \text{ kg}} \approx 180 \text{ kJ/kg.}$$

Taulukkokirjan mukaan glyserolin ominaissulamislämpö on 176 kJ/kg (ja sulamispiste 17,9 °C, kuviossa 18 °C). Aine on glyserolia.

Ominaislämpökapasiteetin arvon poikkeaminen taulukkoarvosta johtuu energiahäviöistä, eli osa energiasta ei lämmitä glyserolia vaan mittaussysteemin muita osia ja ilmaa.

- 13-7.** Höyrystyneen etanolin massa ja uppokuumentimen ottama energia vietiin mittausohjelmaan ja tulokset esitettiin  $m, Q$ -koordinaatistossa.



Siirtyvän energian ja massan välinen yhteys on lineaarinen ja sitä kuvaavan suoran yhtälö on  $Q = rm$ . Suoran fysikaalinen kulmakerroin  $r = \Delta Q/\Delta m$  on tutkittavan aineen ominaishöyrystymislämpö. Mittausohjelmasta saadaan etanolin ominaishöyrystymislämmöksi 870 kJ/kg. Tulos on liian suuri, koska osa energiaa siirtyi etanolista ympäristöön.

**13-8.** a) Veden lämpötilan muutos on celsiusasteina

$\Delta\theta = 100\text{ °C} - 25\text{ °C} = 75\text{ °C}$  ja kelvineinä  $\Delta T = 75\text{ K}$ . Jos lämpöhäviöitä ei oteta huomioon, veden kuumentamiseen ja höyrystämiseen tarvittava energia  $Q = cm\Delta T + rm$  on yhtä suuri kuin lämmitystehon tuottama energia  $Q = P\Delta t$ , eli yhtälöstä  $P\Delta t = cm\Delta T + rm$  lämmitysteho on

$$P = \frac{cm\Delta T + rm}{\Delta t}$$

$$= \frac{4,19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 2500 \text{ kg} \cdot 75 \text{ K} + 2260 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 2500 \text{ kg}}{1,0 \text{ s}}$$

$$\approx 6,4 \text{ GW}.$$

b) Lämmitystehon pitää olla laskettua suurempi, koska höyry kuumennetaan korkeaan lämpötilaan (290 °C). Kuumalla höyryllä on myös liike-energiaa, koska korkeapaineinen, kuuma, nopeasti virtaava höyry pyörittää voimalaitoksen turbiineja.

**13-9.** Kuparin lämpötilan muutos on celsiusasteina

$\Delta t_{\text{kupari}} = 21\text{ °C} - (-195,8\text{ °C}) = 216,8\text{ °C}$  ja kelvineinä  $\Delta T_{\text{kupari}} = 216,8\text{ K}$ .

a) Kuparikappale jäähtyy nestetyypen lämpötilaan (-195,8 °C) ja luovuttaa energiaa. Vapautuva energia aiheuttaa typen höyrystymistä. Typpi kiehuu voimakkaasti, kunnes kuparikappale on jäähtynyt.

b) Oletetaan, että typpeä on riittävästi ja lämpöhäviöt ovat vähäisiä. Typen vastaanottama energia on yhtä suuri kuin kuparin lämpönä luovuttama energia, joten

$$Q_{\text{typpi}} = Q_{\text{kupari}} \text{ eli } r_{\text{typpi}} m_{\text{typpi}} = c_{\text{kupari}} m_{\text{kupari}} \Delta T_{\text{kupari}}$$

Yhtälöstä  $r_{\text{typpi}} m_{\text{typpi}} = c_{\text{kupari}} m_{\text{kupari}} \Delta T_{\text{kupari}}$  typen massaksi saadaan

$$m_{\text{typpi}} = \frac{c_{\text{kupari}} m_{\text{kupari}} \Delta T_{\text{kupari}}}{r_{\text{typpi}}} = \frac{0,387 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,102 \text{ kg} \cdot 216,8 \text{ K}}{200 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \approx 43 \text{ g.}$$

## TESTAA, OSAATKO S. 123

1. b 2. a 3. a,b,c 4. b 5. b 6. a, c 7. c 8. a, c, d 9. b, d 10. b,d,e, 11. c