

- 1) 1.1. Sisäenergia ja tilavuus kasvaa (2p)  
 1.2. säteilemällä (2p)  
 1.3. 200 m (2p)  $p_n = \rho gh \rightarrow h = p_n / \rho g$   
 1.4. kaasun lämpötila kasvaa (2p)  $\frac{V}{T} = \text{vakio}$   
 1.5. pullon kuori on painunut kasoon (2p)  
 1.6. Veden (1kg) höyrystäminen (2p)  
 1.7. Kasvaa n. 8 cm (2p)  $\Delta l = \alpha l \cdot \Delta T$   
 1.8. 50 K (2p)  
 1.9. Lämmönsiirtoaine sitoo lämpöä sisäilmasta, jolloin lämmönsiirtoaine höyrystyy. (2p)  
 1.10 Kaasu tekee työtä (2p)  $w = p \Delta V$

- 2) 2.1 Polttimessa hiili palaa  $\rightarrow$  energiaa vapautuu (1p)  
 Boilerissa vesi kiehuu  $\rightarrow$  paine kasvaa (1p)  
 Liikkuva vesihöyry pyörittää turbiinia (1p)  
 Turbiini pyörittää generaattoria  $\rightarrow$  syntyy sähköenergiaa (1p)  
 Lauhduttimessa höyry tiivistyy nesteeksi  $\rightarrow$  (1p)  
 Paine laskee...  
 Vesi pumpataan takaisin lauhduttimeen (1p) / max. 5p

- 2.2 Maksimihyötysuhde lämpövoimakoneelle  $\eta_{\text{max}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$   
 $T_1 = \text{lämpösäiliön lämpötila}$   
 $T_2 = \text{kylmäsäiliön lämpötila}$

Kaavasta nähdään, että  $\eta_{\text{max}} = 1$ , kun  $T_2 = 0 \text{ K}$  (4p)

Kylmäsäiliön lämpötila ei voi olla 0 K.

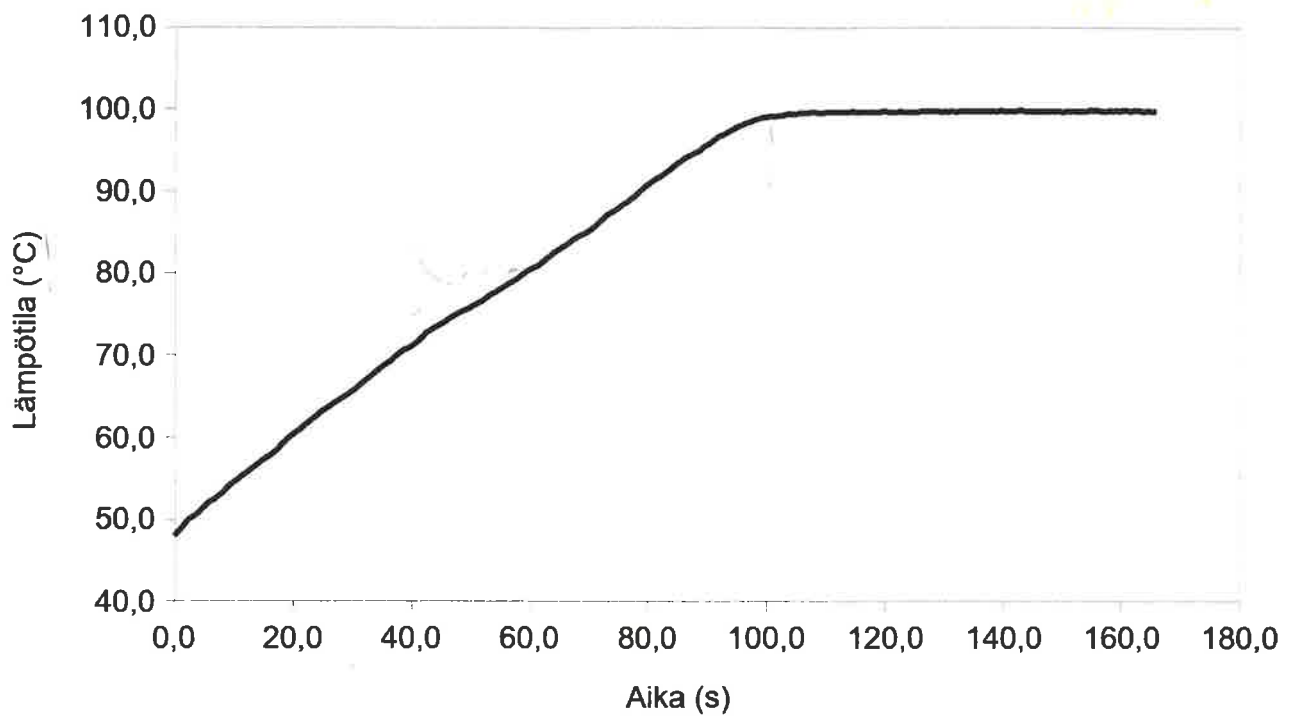
- 2.3.  $T_2 = (19 + 273,15) \text{ K} = 292,15 \text{ K}$   $\eta = 45\%$  (6p)

$$\eta_{\text{max}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \Rightarrow T_1 \eta_{\text{max}} = T_1 - T_2 \Rightarrow T_1 \eta_{\text{max}} - T_1 = -T_2$$

$$\Rightarrow T_1 (\eta_{\text{max}} - 1) = -T_2 \Rightarrow T_1 = \frac{-T_2}{(\eta_{\text{max}} - 1)} = \frac{292,15 \text{ K}}{0,55} = 531,18 \text{ K} \approx 530 \text{ K}$$

$$= 258,03 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 260 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3) 3.1)



- Akselit nimetty (1p)
- Akselit oikein päin (1p)
- kuvaaja (2p)

- 3.2)
- Vesi vastaanottaa lämpöä → (1p)
  - veden lämpötila kasvaa (1p)
  - 100s:sta eteenpäin lämpötila ei muutu, (1p)  
koska vesi kiehuu. (1p)

- teho on vakio, koska lämpötila kasvaa (2p)  
tasaisesti välillä 0s - 100s, eli

- veteen siirtyy energiaa joka sekunti sama määrä (1p)

max.  
5p

3.3)

Vesi kiehuu ajan  $166\text{ s} - 100\text{ s} = 66\text{ s}$  (1p)

Energiaa siirtyy keittimestä veteen ... (1p)

$$Q_{\text{keitin}} = Q_{\text{vesi}} \quad (1p)$$

$$P \Delta t = r m \quad (1p)$$

$$m = \frac{P \Delta t}{r} = 0,0598... \text{ kg} \quad (2p)$$

$$P = 2,05 \text{ kW}$$

$$\Delta t = 66 \text{ s}$$

$$r = 2260 \text{ kJ/kg}$$

$$m = ? \quad (1p)$$

$$\text{Keittimeen jää vettä } 815\text{ g} - 59,8... \text{ g} = 755,13... \text{ g}$$

$$(1p) \approx \underline{\underline{755\text{ g}}}$$

max.  
6p

$$4) \quad h = 25 \text{ m} \quad T_1 = (5,0 + 273,15) \text{ K} \quad T_2 = (19 + 273,15) \text{ K}$$

$$g = 1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad = 278,15 \text{ K} \quad = 292,15 \text{ K}$$

$$P_0 = P_2 = 101,3 \text{ kPa}$$

4.1) Kokonaispaine  $P_1 = P_0 + P_h$

$$P_1 = P_0 + \rho g h$$

$$P_1 = 101300 \text{ Pa} + 1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 25 \text{ m}$$

$$= 376550 \text{ Pa} \approx \underline{\underline{350 \text{ kPa}}}$$

4.2) Ilman ainemäärä ei muutu kuplan noustessa.  
Kaasun yleisen tilanyhtälön mukaan...

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad || \cdot T_2 \quad || : P_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 P_2}$$

$$V_2 = \frac{376550 \text{ Pa} \cdot 292,15 \text{ K}}{278,15 \text{ K} \cdot 101300 \text{ Pa}} \cdot V_1$$

$$V_2 = 3,593... V_1 \approx 3,6 V_1$$

Ilmakupla kasvaa 3,6-kertaiseksi

4.3)  $V = 2,1 \text{ cm}^3$   
 $= 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

$T = 292,15 \text{ K}$

$p = 101300 \text{ Pa}$

$R = 8,314463 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

Ideaalikaasun tilanyhtälö

$$pV = nRT \quad || : RT$$

$$n = \frac{pV}{RT}$$

$$n = \frac{101300 \text{ Pa} \cdot 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{8,314463 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 292,15 \text{ K}} = 8,757... \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\approx \underline{\underline{8,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}} \quad (= 0,088 \text{ mmol})$$

5) 5.1)

- Kattilaan laitetaan vettä, tilavuus mitataan tilavuusmitalla. (1p)
- Ajanotto käynnistetään, kun liesi laitetaan päälle (1p)
- Ajanotto lopetetaan, kun vesi alkaa kiehuaan (1p)
- Teho ratkaistaan kaavasta  $P \Delta t = c m \Delta T$  (1p)  $P = \frac{c m \Delta T}{\Delta t}$  (1p)
- Massa lasketaan  $m = \rho V$  (1p)

5.2)  $V = 3,0 \text{ dl}$     $C = 0,14 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$     $m = 0,30 \text{ kg}$     $T_1 = (42 + 273,15) \text{ K}$   
 $T_2 = (65 + 273,15) \text{ K}$     $c = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$     $= 315,15 \text{ K}$   
 $= 338,15 \text{ K}$     $P = 360 \text{ W}$

Mikron luovuttama energia = teon ja mukin vastaanottama lämpö eli energia säilyy.

$$P t = c m \Delta T + C \Delta T \quad || : P$$

$$t = \frac{c m \Delta T + C \Delta T}{P} = \frac{4190 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 0,30 \text{ kg} \cdot 23 \text{ K} + 140 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 23 \text{ K}}{360 \text{ W}}$$

$$= 89,25 \dots \text{ s} \quad \approx \underline{\underline{89 \text{ s}}}$$

5.3)  $m = 320 \text{ g}$     $T_1 = 15^\circ\text{C}$     $T_2 = -18^\circ\text{C}$

$\Delta U = Q_1 + Q_2 + Q_3$    missä  $Q_1 = \text{veden kylmetessä nollaan luovuttama lämpö}$

$c_{\text{vesi}} = 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$

$Q_2 = \text{veden jäättyessä luovuttama lämpö}$

$c_{\text{jää}} = 2090 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$

$Q_3 = \text{jään kylmetessä luovuttama lämpö}$

$s_{\text{jää}} = 333 \text{ kJ/kg}$

$$\Delta U = c_v m \Delta T_v + s m + c_j m \Delta T_j$$

$$= 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 0,32 \text{ kg} \cdot 15^\circ\text{C} + 333000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 0,32 \text{ kg} + 2090 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 0,32 \text{ kg} \cdot 18^\circ\text{C}$$

$$= 138710,4 \text{ J} \quad \approx \underline{\underline{140 \text{ kJ}}} \quad \text{PIENENE}$$

6.1) Kuulan halkaisijan täytyy kasvaa yli 0,1 mm.  
Rajatapaus  $\Delta d = 0,1 \text{ mm}$   $d_0 = 25,0 \text{ mm}$   $\alpha_{Cu} = 16,8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K}$

Lämpölaajenemisen kaavan mukaan  $\Delta l = l_0 \alpha \Delta T$

eli nyt  $\Delta d = d_0 \alpha_{Cu} \Delta T \quad || : d_0 \alpha_{Cu}$

$$\Delta T = \frac{\Delta d}{d_0 \alpha_{Cu}} = \frac{0,1 \text{ mm}}{25,0 \text{ mm} \cdot 16,8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K}} \approx 240 \text{ K}$$

Kuula pitää lämmittää yli  $20^\circ\text{C} + 240^\circ\text{C} = \underline{\underline{260^\circ\text{C}}}$  lämpötilaan

- 6.2.)
- Atomien lämpöliike värähtely voimistuu lämmetessä, (2p)
  - Atomit joutuvat kauemmaksi toisistaan  $\rightarrow$  tilavuus kasvaa, (1p)
  - $\rightarrow$  Kuulan halkaisija kasvaa (1p)
  - $\rightarrow$  Kuula ei mahdu reiästä, kun sen halkaisija kasvaa suuremmaksi kuin reiän halkaisija. (1p)
- max. 5p

- 6.3.)
- Atomien lämpöliike värähtely voimistuu lämmityksessä.
  - Atomien keskinäiset etäisyydet kasvavat.
  - Laajeneminen tapahtuu symmetrisesti koko materiaalissa.
  - Reiän ympärillä olevat atomit siirtyvät pois päin reiästä.
  - $\rightarrow$  reikä laajenee samalla tavalla kuin muu materiaali.

Huom! Reiän laajenemisen voi perustella myös ympyräkehän pituuden laajenemisen seurauksena.

6.4.)  $\Delta T = 180 \text{ K}$   $m = \rho V = 0,009960 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{4}{3} \pi \left(\frac{2,5 \text{ cm}}{2}\right)^3$   
 $\Delta t = 95,60 \text{ s} = 5700 \text{ s}$   $c_{Cu} = 0,387 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$

Jäähdytyksessä vapautuu lämpö  $Q = c m \Delta T$

$$\text{Teho } P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{c m \Delta T}{\Delta t} = 0,89584 \dots \text{ W} \approx \underline{\underline{0,90 \text{ W}}}$$