Lösningar till tentamen i fysik för C och D – termodynamik 100824

1. $dQ = m \cdot c \cdot dT \Rightarrow Q = m\int_1^3 c(T)dT = m \cdot \left[\frac{1}{2}aT^2 + \frac{1}{4}bT^4\right]_1^3$

$= m \cdot (0{,}0203 - 0{,}00073) = 0{,}0196 \text{ J/kg} \cdot 0{,}01 \text{ kg} = 0{,}196 \text{ mJ}.$

---

2. Olja: 3 m^3·8500 kr/m^3 = 25500 kr för 3 m^3·7000 kWh/m^3 = 21000 kWh.
Värmepump: Hur mycket elenergi går det åt för att producera 21000 kWh?
Värmefaktorn = $0{,}42 \cdot V_f \text{ (Carnot)} = 0{,}42\frac{T_v}{T_v - T_k} = 0{,}42\frac{318}{318-273} = 0{,}42 \cdot 7{,}1 = 2{,}97$.
$V_f = \frac{|Q_{ut}|}{W_n}$. På 1 år behövs nettoenergin 21000 (kWh) / 2,97 = 7076 kWh, vilket kostar 7359 kr. En driftvinst på 18000 kr.

3a. Vattenångans partialtryck ges av den relativa fuktigheten gånger mättnadstrycket vid 5 °C; $p_{\text{vatten}} = 0{,}90 \cdot 872 \text{ Pa} = 784{,}8 \text{ Pa}$.

$$\frac{m}{M} = n = \frac{pV}{RT} \Rightarrow m(\text{vatten}) = \frac{18 \text{ g/mol} \cdot 784{,}8 \text{ Pa} \cdot 43{,}75 \text{ m}^3}{8{,}31 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \cdot 278 \text{ K}} = 267 \text{ g}$$

3b. Mättnadstrycket vid 25 °C är 3170 Pa

$$R_{LF} = \frac{p(\text{vatten})}{p(\text{mättnad})} = \frac{nRT/V}{p(\text{mättnad})} =$$

$$\frac{14.86 \text{ mol} \cdot 8{,}31 \text{ J/molK} \cdot 298 \text{ K} / 43{,}75 \text{ m}^3}{3170 \text{ Pa}} = 26\%$$

Alternativt – och enklare är att använda mättnads*koncentrationen*, som är given i t.ex. TeFyMa. Vid 5 °C gäller då att:

$$c = 0{,}9 \cdot c_m = 0{,}9 \cdot 6{,}76 \text{ g/m}^3 = 6{,}08 \text{ g/m}^3 \Rightarrow m_{\text{H}_2\text{O}} = 6{,}08 \text{ g/m}^3 \cdot 43{,}75 \text{ m}^3 = 267 \text{ g}.$$

Vid 25 °C gäller då att: $R_{LF} = (6{,}08 \text{ g/m}^3)/(23{,}09 \text{ g/m}^3) = 26\,\%$.

---

4. För en isoterm process gäller att $W = nRT\ln(\frac{V_2}{V_1})$.

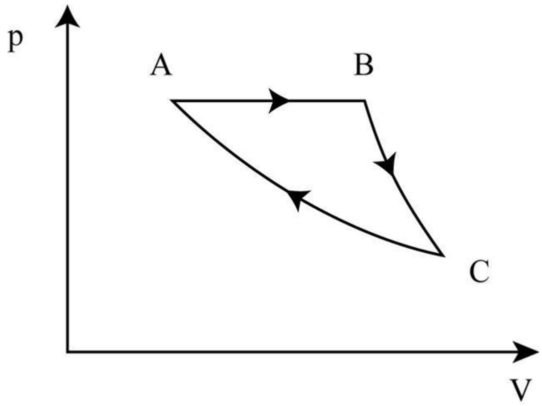
Startvolymen $V_1 = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot (8 \cdot 10^{-3} \text{ (m)})^3 = 2{,}14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ och starttrycket

$p_1 = p_0 + \delta_{vatten}gh = 3{,}46 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. $p_2 = p_0 = 1{,}01 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

Vid konstant temperatur gäller $p_1V_1 = p_2V_2 = nRT$ och

$$W = nRT\ln(\frac{p_1}{p_2}) = p_1V_1\ln(\frac{p_1}{p_2}) = 0{,}74 \text{ (Nm)} \cdot 1{,}23 = 0{,}91 \text{ J}$$

5a.



5b. I punkten A: $T_A = 600$ K, $p_A = 5$ atm, $V_A = \dfrac{nRT}{p_A} = 19.7\ \ell$

I punkten B: $p_B = p_A = 5$ atm

$V_B = 2V_A = 39.4\ \ell$

$T_B = p_B V_B / nR = 1200$ K

I punkten C: Isoterm mellan C och A => $T_C = T_A = 600$ K.

Adiabat mellan B och C. 2-atomig gas => $\gamma = 7/5 = 1.4$

$$T_B V_B^{\gamma-1} = T_C V_C^{\gamma-1} \Rightarrow V_C = V_B\left(\frac{T_B}{T_C}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 223\ \ell$$

$$p_C = \frac{nRT}{V_C} = 0{,}44 \text{ atm}$$

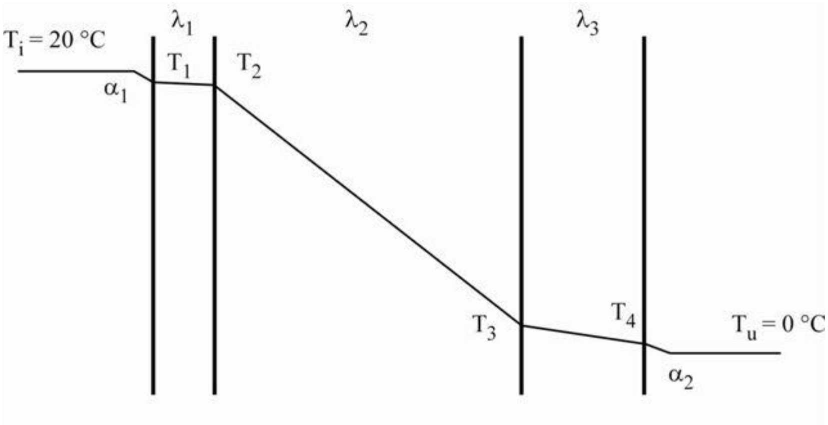
5c. $W_{AB} = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_B - V_A) = 9.98$ kJ

$$W_{BC} = -nC_V(T_C - T_B) = -n\frac{5}{2}R(T_C - T_B) = 24.9 \text{ kJ}$$

$$W_{CA} = \int_{V_C}^{V_A} p\,dV = nRT_C \ln(V_A / V_C) = -24.2 \text{ kJ}$$

6. Värmeledning: $P = \frac{dQ}{dt} = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$. Värmeövergång $P = \frac{dQ}{dt} = \alpha \cdot A \cdot \Delta T$

Väggens olika skikt illustreras i figuren nedan.



$$T_1 = T_i - \frac{P}{\alpha_1 \cdot A}, \quad T_2 = T_1 - \frac{P \cdot \Delta x_1}{\lambda_1 \cdot A} = T_i - \frac{P}{A} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\Delta x_1}{\lambda_1}\right), \ldots\ldots.$$

$$T_u = T_i - \frac{P}{A} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\Delta x_1}{\lambda_1} + \frac{\Delta x_2}{\lambda_2} + \frac{\Delta x_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}\right) \Rightarrow \frac{P}{A} = \frac{T_i - T_u}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\Delta x_1}{\lambda_1} + \frac{\Delta x_2}{\lambda_2} + \frac{\Delta x_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{20}{0{,}125 + 0.04 + 2{,}5 + 0{,}057 + 0{,}059} = 7{,}19\,\mathrm{W/m^2}$$