

**Lösningar till tentamen i fysik för C och D – termodynamik  
091219.**

1. Eftersom  $V$  är konstant har vi en isokor process, dvs  $W = 0$ .

$$\text{TH1 ger då: } Q = \Delta U = nc_v \Delta T = n \frac{f}{2} R \cdot \left( \frac{3p_0 V_0}{nR} - \frac{p_0 V_0}{nR} \right) = \frac{f}{2} \cdot 2p_0 V_0 = 5p_0 V_0.$$

---

- 2a. Med vatten mellan 21 och 49 °C har vi inte några fasövergångar varför:

$$Q = mc\Delta T \Rightarrow m = \frac{Q}{c\Delta T} = \frac{5,25 \cdot 10^9 \text{ J}}{4180 \text{ J/kgK} \cdot 28 \text{ K}} = 4,477 \cdot 10^9 \text{ kg} = 44,8 \text{ m}^3.$$

- 2b. Med glaubersalt däremot får vi en fasövergång, eftersom smältpunkten är 32 °C.

$$Q = Q_{\text{fast}}(T = 21 \rightarrow 32) + Q_{\text{smält}} + Q_{\text{vätska}}(T = 32 \rightarrow 49)$$

$$Q = m \cdot [c_1 \Delta T_1 + \ell_s + c_2 \Delta T_2] =$$

$$m \cdot [1930 \text{ J/kgK} \cdot 11 \text{ K} + 2,42 \cdot 10^5 \text{ J/kg} + 2850 \text{ J/kgK} \cdot 17 \text{ K}] = m \cdot 3,12 \cdot 10^5 \text{ J} \Rightarrow$$

$$m = 1,68 \cdot 10^4 \text{ kg} \Rightarrow V = 10,5 \text{ m}^3.$$

---

3.  $A = 5 \cdot 10 + 2 \cdot 3 \cdot 5 + 2 \cdot 3 \cdot 10 = 140 \text{ m}^2$ . Värmeöverföring pga ledning och konvektion.

”Ohms lag för värme”  $\Delta T = R \cdot P$ .

$$R = \frac{\Delta x}{\lambda A} + \frac{1}{a_1 A} + \frac{1}{a_2 A} = \frac{1}{140 \text{ m}^2} \left( \frac{0,1 \text{ m}}{0,6 \text{ W/mK}} + \frac{1}{12 \text{ W/m}^2 \text{K}} + \frac{1}{40 \text{ W/m}^2 \text{K}} \right) = 0,00196 \text{ K/W}.$$

$$P = \frac{\Delta T}{R} = \frac{10 \text{ K}}{0,00196 \text{ K/W}} = 5,1 \text{ kW}.$$

---

4. Enligt uppgift 3 är den inkommande totala värmeeffekten  $P = \frac{dQ}{dt} = 5,1 \text{ kW}$ .

För att höja temperaturen av luften  $\Delta T$  behövs värmnet:

$$Q = n \cdot C_p \cdot \Delta T = n \cdot R \cdot \left( \frac{f}{2} + 1 \right) \cdot \Delta T = 3,5 \cdot n \cdot R \cdot \Delta T \text{ eftersom luft vid temperaturen } 20 \text{ °C}$$

har 5 frihetsgrader. Antalet mol luft i huset ges av  $n = \frac{pV}{RT}$ . Tiden blir då

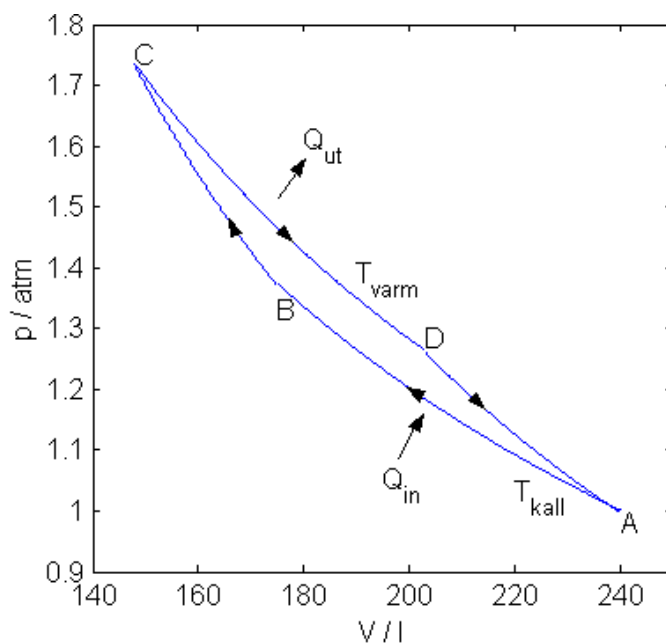
$$\Delta t = \frac{Q}{P} = \frac{3,5 \cdot p \cdot V \cdot \Delta T}{T \cdot P} = \frac{3,5 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 10 \text{ m}^3 \cdot 1 \text{ K}}{293 \text{ K} \cdot 5100 \text{ W}} = 35,6 \text{ s}.$$

(18,2 s med  $P = 10 \text{ kW}$ )

5. Köldfaktorn för vår ideala Carnot process är  $K_f = \frac{Q}{|W|} = \frac{T_c}{T_v - T_c} = 29,3$

Enligt uppgift 3 måste vi kyla bort  $Q = 5,1$  kJ per sekund, dvs vi måste tillföra effekten  $P = 5,1 / 29,3 = 0,17$  kW = 170 W.

6. Carnotprocessen visas i figuren nedan



- a. Vi känner  $T_{kall}$  och  $p_A$  och söker  $V_A$ .  $V_A = \frac{n \cdot R \cdot T_{kall}}{p_A} = \frac{10 \cdot 8,31 \cdot 293}{1,013 \cdot 10^5} = 240 \ell$
- b.  $A \rightarrow B$  är en isoterm  $\Rightarrow \Delta U = 0 \Rightarrow Q = W < 0$  ty vi uträttar arbete på gasen när den komprimeras. Per cykel tillförs värmen  $Q_{in} = 5,1 \text{ kW} \cdot 0,2 \text{ s} = 1,02 \text{ kJ}$ .

$$Q_{in} = -W = -\int_{V_A}^{V_B} p dV = nRT_{kall} \ln\left(\frac{V_A}{V_B}\right) = 1,02 \text{ kJ} \Rightarrow V_B = \frac{V_A}{e^{0,0419}} = 230 \ell.$$

- c. Högsta trycket är i punkten C, förbunden med B via en adiabat. För en adiabat

$$\text{gäller } T_{varm} \cdot V_C^{\gamma-1} = T_{kall} \cdot V_B^{\gamma-1} \Rightarrow V_C = V_B \left(\frac{T_{kall}}{T_{varm}}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 0,919 \cdot V_B = 211 \ell$$

$$p_C = \frac{nRT_{varm}}{V_C} = 1,18 \text{ atm}$$