Thermodynamik I - Sessionsprüfung HS 23

[redacted]

1.a $\frac{dE}{dt} = \sum_i \dot{m}_i(t)\left(h_i(t) - he_i(t) + pe_i(t)\right) + \sum_j \dot{Q}_j - \sum_n \dot{W}_{t,n}$

$0 = \dot{m}_{ein}(h_e - h_a) + \dot{Q}_R - \dot{Q}_{aus}$

$\dot{Q}_{aus} = \dot{m}_{ein}(h_e - h_a) + \dot{Q}_R$

$h_e = h_f(70°C) \longrightarrow AZ$
$= 292.98\ kJ/kg$

$h_a = h_f(100°C) \longrightarrow AZ$
$= 419.04\ kJ/kg$

$\dot{Q}_{aus} = 0.3\ kg/s \cdot (292.98\ kJ/kg - 419.04\ kJ/kg) + 100\ kW$

$\underline{\underline{\dot{Q}_{aus} = 62.182\ kW}}$

b $\overline{T}_{KF} = \frac{\int_e^a T \cdot ds}{s_a - s_e}$ $\qquad T_{KF,ein} = 15°C$ $\qquad T_{KF,aus} = 25°C$

$s_a = s(288.15K) \longrightarrow AZ$
$= s(15°C)$
$= 0.2245\ kJ/kgK$

$s_e = s(25°C) \longrightarrow AZ$
$= 0.3674\ kJ/kgK$

/

[redacted]

1.c $0 = \dot{m}(s_e - s_a) + \sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_j} + \dot{S}_{erz}$

$$\dot{S}_{erz} = -\dot{m}(s_e - s_a) - \frac{\dot{Q}_{aus}}{T_{KF}}$$

d $(m_{ges,1} + \Delta m_{12}) \cdot T_{Trichter,2} = m_{ges,1} \cdot T_{Trichter,1} + \Delta m_{ges} \cdot T_{ein}$

$$\Delta m_{12} (T_{Trichter,2} - T_{ein}) = m_{ges,1} T_{Trichter,1} - m_{ges} T_{Trichter,2}$$

$$\Delta m_{12} = m_{ges,1} \frac{(T_{Trichter,1} - T_{Trichter,2})}{T_{Trichter,2} - T_{ein}}$$

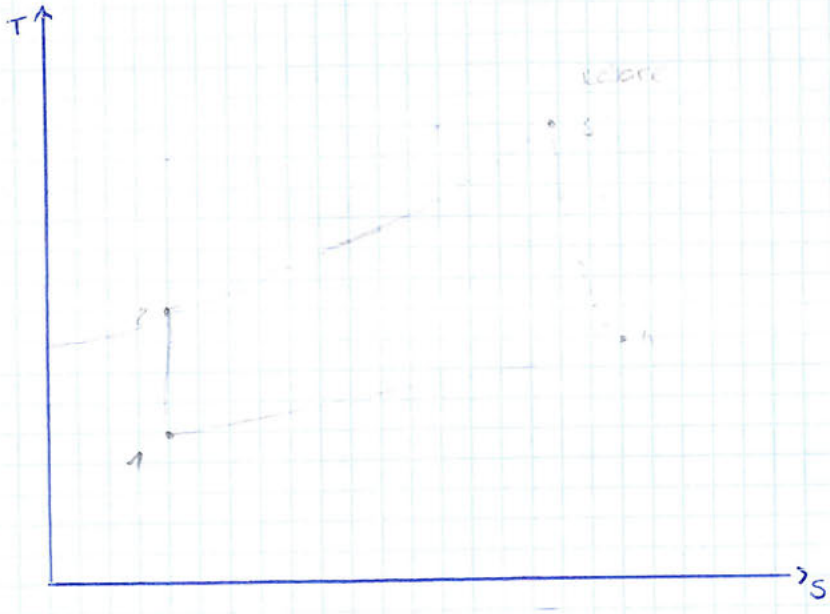
$$= 5755\,kg \cdot \frac{100°C - 70°C}{70°C - 20°C}$$

$$\underline{\underline{\Delta m_{12} = 3453\,kg}}$$

e $\Delta S_{12} = \left(\dot{m}_{ein} (\Delta s_1) + \frac{\dot{Q}_W}{T_W} - \frac{\dot{Q}_{aus}}{T_{aus}}\right) + S_2$

[redacted]

2.a



b gas: ω_6 & T_6

$$\frac{T_6}{T_5} = \left(\frac{p_6}{p_5}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

$$T_6 = \left(\frac{p_6}{p_5}\right)^{\frac{n-1}{n}} \cdot T_5$$

$$= \left(\frac{0.191\,bar}{0.5\,bar}\right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} \cdot 431.9\,K$$

$$\underline{\underline{T_6 = 328.075\,K}}$$

$$\frac{dE}{dt} = \sum_i \dot{m}_i \left(h_e - h_a + \frac{\omega_e^2 - \omega_a^2}{2}\right) + \sum_j \dot{Q}_j - \sum_n \dot{W}_n$$

$$0 = \dot{m}_{gas}\left(h_e - h_a + \frac{\omega_e^2 - \omega_a^2}{2}\right)$$

$$2(h_a - h_e) = \omega_e^2 - \omega_a^2$$

$$\Rightarrow \omega_e = \sqrt{2(h_a - h_e) + \omega_a^2}$$

$$h_a = h(431.9\,K) \quad \rightarrow A22$$

$$= h(430\,K) + 1.9 \cdot \left(\frac{h(440\,K) - h(430\,K)}{10}\right)$$

$$= 431.43\,kJ/kg + 1.9 \cdot \frac{441.61\,kJ/kg - 431.43\,kJ/kg}{10}$$

$$= 432.364\,kJ/kg$$

$$h_e = h(328.075\,K)$$
$$= h(320\,K) + 8.075 \cdot \frac{h(330\,K) - h(320\,K)}{10}$$
$$= 320.29\,kJ/kg + 8.075 \cdot \frac{330.34\,kJ/kg - 320.29\,kJ/kg}{10}$$
$$= 328.405\,kJ/kg$$

$$\omega_a = \omega_5 = 220\,m/s$$

$$\omega_e = \sqrt{2(h_a - h_e) + \omega_a^2}$$
$$= 220.47\,m/s$$

[redacted]

2.c $\dot{E}_{x,str} = \dot{m} \cdot e_{x,str} = \dot{m}\left(h - h_0 - T_0(s - s_0) + ke + kp\right)$

$\Delta e_{x,str} = e_{x,str,6} - e_{x,str,0}$

$= \left(h_6 - h_y - T_y(s_6 - s_y) + ke_6 + kp_6\right) - \left(h_0 - h_y - T_y(s_0 - s_y) + ke_0 + kp_0\right)$

$= h_6 - h_0 - T_y(s_6 - s_0) + ke_6 - ke_0$

$h_6 = h(T_6) = h(328.075\,K)$ } in b interpoliert

$= 328.405\,kJ/kg$

~~$h_0 = h(T_0) = h($~~

$h_0 = h(-30°C) = h(243\,K)$

$= h(240\,K) + 3.15 \cdot \frac{h(250\,K) - h(240\,K)}{10}$

$= 240.02\,kJ/kg + 3.15 \cdot \frac{250.05\,kJ/kg - 240.02\,kJ/kg}{10}$

$= 243.179\,kJ/kg$

$T_y = T_0 = 243.15\,K$

$s_6 = s(328.075\,K)$

$= s(320\,K) + 8.075 \cdot \frac{s(330\,K) - s(320\,K)}{10}$

$= 1.7669\,kJ/kgK + 8.075 \cdot \frac{1.79783\,kJ/kgK - 1.7669\,kJ/kgK}{10}$

$= 1.792\,kJ/kgK$

$s_0 = s(243.15\,K)$

$= s(240\,K) + 3.15 \cdot \frac{s(250\,K) - s(240\,K)}{10}$

$= 1.47824\,kJ/kgK + 3.15 \cdot \frac{1.51917\,kJ/kgK - 1.47824\,kJ/kgK}{10}$

$= 1.491\,kJ/kgK$

$ke_6 = \frac{1}{2} \cdot \omega_6^2$

$= \frac{1}{2} \cdot (510\,m/s)^2$

$= 130'050\,m^2/s^2$

$ke_0 = \frac{1}{2} \cdot \omega_0^2$

$= \frac{1}{2} \cdot (200\,m/s)^2$

$= 20'000\,m^2/s^2$

$$e_{x,str} = h_6 - h_0 - T_0 (s_6 - s_0) + ke_6 - ke_0$$

$$= 328.405\,\mathrm{kJ/kg} - 243.179\,\mathrm{kJ/kg} - 243.15\,\mathrm{K}\,(1.792\,\mathrm{kJ/kgK} - 1.491\,\mathrm{kJ/kgK})$$

$$+ 130'050\,\mathrm{m^2/s^2} - 20'000\,\mathrm{m^2/s^2}$$

$$\underline{\underline{e_{x,str} = 122.150\,\mathrm{kJ/kg}}}$$

[redacted]

2.d $e_{x,verl} = T_0 \cdot s_{erz}$

$s_{erz} = s_0 - s_6$

$s_0 = s(243{,}15K)$

$\leq s(250)$

$= s(240) + 3.15 \cdot \dfrac{s(250K) - s(240K)}{10}$

$=$

$s_0 = 1.491 \; kJ/kgK$ → in 2c berechnet / interpoliert

$s_6 = 1.792 \; kJ/kgK$ → in 2c berechnet / interpoliert

$e_{x,verl} = T_0 \cdot (s_0 - s_6)$

$= 243.15K \, (1.491 \; kJ/kgK - 1.792 \; kJ/kgK)$

$\underline{e_{x,verl} = -73.126 \; kJ/kg}$

[redacted]

3. a $p_{g,1} = p_0 + \frac{m_K \cdot g}{A} + \frac{m_{EW} \cdot g}{A}$

$A = \pi \cdot (D/2)^2$

$= \pi \cdot \left(\frac{0.1m}{2}\right)^2$

$= 0.0079 m^2$

$p_{g,1} = 100'000 Pa + \frac{32 kg \cdot 9.81 m/s^2}{0.0079 m^2} + \frac{0.1 kg \cdot 9.81 m/s^2}{0.0079 m^2}$

$\underline{p_{g,1} = 1.4 bar}$

$pV = mRT$

$p_{g,1} \cdot V_{g,1} = m_g \frac{\bar{R}}{M_g} T_{g,1}$

$R = \frac{\bar{R}}{M_g} = \frac{8.314 kJ/kmol K}{50 kg/kmol}$

$= 0.166 kJ/kgK$

$\Rightarrow m_g = \frac{p_{g,1} \cdot V_{g,1}}{R \, T_{g,1}}$

$V_{g,1} = 3.14 L = 3.14 dm^3$

$= 0.00314 m^3$

$= \frac{140'094.48 Pa \cdot 0.00314 m^3}{0.166 kJ/kg \cdot 273.15 K}$

$\underline{m_g = 3.422 g = 0.00342 kg}$

EXO.

[redacted]

3.b gas: $T_{g,2}$ & $p_{g,2}$

$$p_{g,2} = p_0 + \frac{m_K \cdot g}{A} + \frac{m_{EW} \cdot g}{A} = p_{g,1}$$

= 1.4 bar, da sich ~~Et~~ weder die Masse des Kolbens noch des Eiswassers verändert (Dichteunterschied Vernachlässigbar) bleibt der Druck gleich

~~$V_{g,1} = V_{g,2}$ → Dichteunterschied Vernachlässigbar~~

$T_{g,2} = 0°C = 273.15K$, da sich immer noch Eis im Wasser befindet. Das Wasser wird nicht wärmer solange das Eis noch nicht geschmolzen ist.

c $|Q_{12}| = c_v \cdot m_g \cdot \Delta T$

$= c_v \cdot m_g \cdot (T_1 - T_2)$

[redacted]

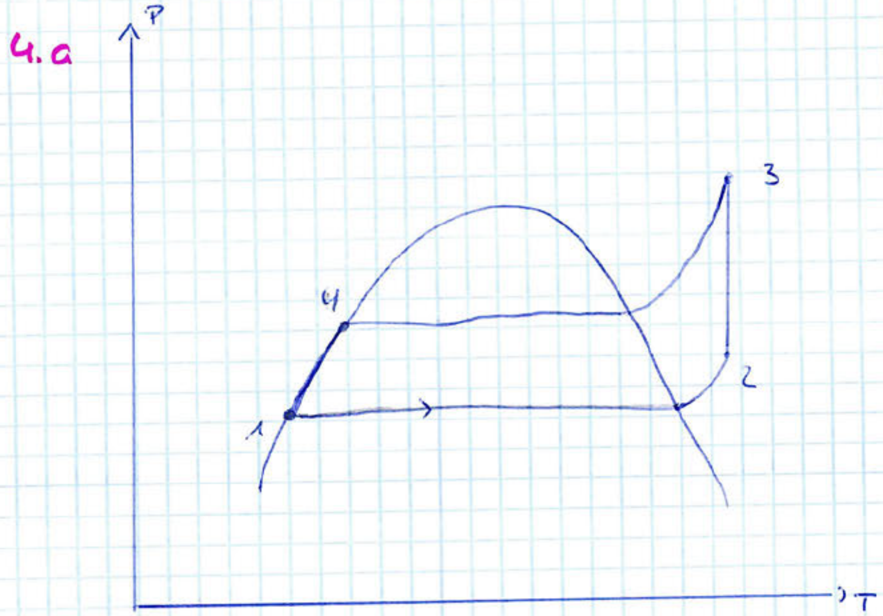
3. d $\cancel{x = \frac{m_f}{m_f + m_e}}$

$$u = u_{solid} + x\,(u_{liquid} - u_{solid})$$

$$x = \frac{u - u_{solid}}{u_{liquid} - u_{solid}}$$

[redacted]

4. a



1
isobar → p = konst, T → steigt ↗
2
p → ↗
3
isobar → p konst
4

b $\frac{dE}{dt} = \sum_i \dot{m}_i (h_e - h_a) + \sum_j \dot{Q}_j - \sum_k \dot{W}_k$

$0 = \dot{m}_i (h_3 - h_2) + \dot{W}_k$

$\dot{m}_{R134A} = \frac{-\dot{W}_k}{h_3 - h_2}$

$h_3 \rightarrow$ aus A12

h_3 (8bar,

c $u = u_f + x(u_g - u_f)$

$\Rightarrow x = \frac{u - u_f}{u_g - u_f}$

[redacted]

4.d $\varepsilon_K = \frac{|\dot{Q}_{zu}|}{|\dot{W}_t|} = \frac{|\dot{Q}_K|}{|\dot{W}_K|}$

e sie würde steigen, da die Flüssigkeit nur noch gasförmig wäre und ihr grosses Potential nicht mehr genutzt werden könnte