

Tehtävä 1.

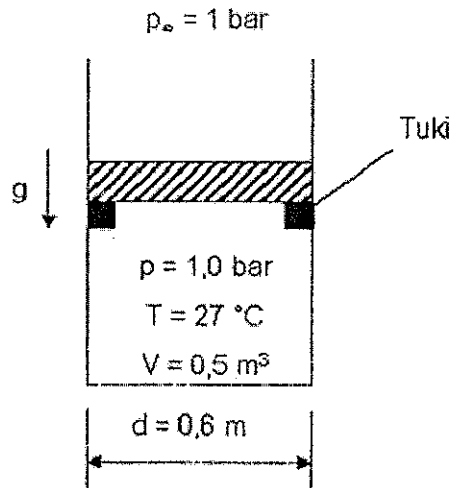
Kostean ilman lämpötila on 30 °C, paine 1 bar ja suhteellinen kosteus 80 %.

- Kuinka paljon vesihöyryä on kuutiometrissä?
- Jos ilma jäädytetään lämpötilaan 20 °C, paljonko vesihöyryä kondensoituu vedeksi? (Selittää sateen tai sumun muodostumisen)
- Jos lämpötila säilyy vakiona = 30 °C, mutta paine kasvaa arvoon 3 bar, paljonko vettä kondensoituu? (Tällainen tilanne syntyy esim. diesel-moottorin ahtimessa)

Tehtävä 2.

Kuvan lämpöeristetyssä sylinterissä on ilmaa paineessa  $p = 1,0$  bar ja lämpötilassa 27 °C, jolloin sylinterin kansi nejaa tukin. Se nousee irti tuista, kun paine on 2,0 bar. Ympäristön paine  $p_{\infty} = 1$  bar.

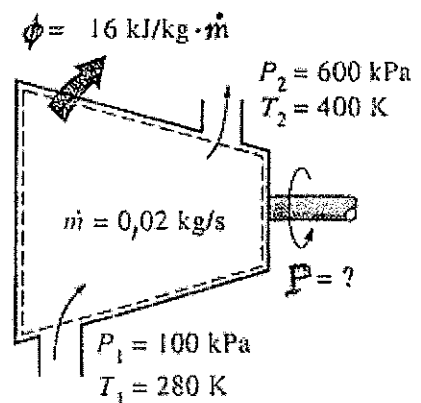
- Kuinka paljon lämpöä on tuotava, jotta kansi irtaantuu tuista?
- Kantta nostetaan edelleen ylöspäin tuomalla sylinteriin lämpöä siten, että kaasun tilavuus kasvaa 1 m<sup>3</sup>:een. Miten paljon kaasu tekee työtä? Laske ensin kaunen massa.
- Mikä on b kohdassa tuotu lämpö?
- Ilman entalpiain muutos sylinterissä koko prosessin aikana?



Tehtävä 3.

Kompressorissa puristetaan ilmaa paineesta 1 bar paineeseen 6 bar.

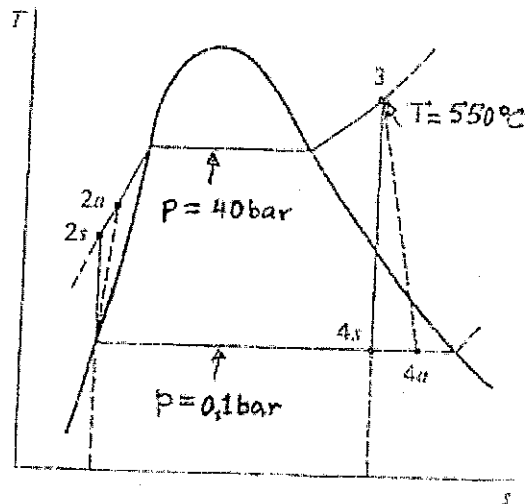
- Mikä on lämpötilan muutos, jos puristus oletetaan isentrooppiseksi?
- Eräessä kompressorissa on mitattu viereisen kuvan arvot lämpötiloille sekä myös lämpöhäviö  $\phi$  ympäristöön. Mikä on puristamisessa tarvittava teho? Sovella avoimen systeemin energiayhtälöä. (Nopeuden vaikutus  $\approx 0$ ) Onko edellä saatu teho sama kuin sähkömoottorin tarvitsema teho?
- Mikä olisi puristamiseen tarvittava teho, jos prosessi olisi isoterminen?



Tehtävä 4.

Kuva esittää yksinkertaista voimalaitosprosessia. Turbiinin isentrooppinen hyötysuhde on 0,82 ja pumpun 0,8.

- Piirrä kuva, jossa näkyy eri komponenttien, ts. pumppu, turbiini, kattila jne., sijainti ja merkitse siihen prosessin pisteet.
- Mikä on turbiinin antama teho/massavirta  $P_t/m$
- Turbiinin kehittämä sähkö voidaan käyttää huoneen jäähdyttämiseen. Paljonko 1 kW siirtää lämpöä, jos oletetaan, että Carnot-prosessi toimii välillä  $20\text{ °C} - 40\text{ °C}$ ?
- Mikä on lämmönsiirto todellisuudessa?



Tehtävä 5.

- Aineen ominaistilavuus  $v = v(T,p)$ . Osoita, että tällöin  $\frac{dv}{v} = \beta dT - \kappa_T dp$ , jossa  $\beta$  on tilavuuden lämpötilakerroin ja  $\kappa_T$  on isoterminen kompressibiliteetti.
- Johda puristustyön kaava suljetulle isotermiselle prosessille käyttäen a-kohdassa saatua tulosta ja määritelmää  $w = -\int p dv$ , jossa paine muuttuu arvosta  $p_1$  arvoon  $p_2$ . Oleta aineominaisuudet vakioiksi. Huom. Kyseessä ei ole ideaalikaasu.
- Johda  $\beta$  ja  $\kappa_T$  yhtälöt ideaalikaasulle ja laske numeroarvot, jos aine on ilmaa,  $T = 20\text{ °C}$  ja  $p = 1\text{ bar}$ .
- Mikä on  $\kappa_T$  (numeroarvo) vedelle, jos paine muuttuu välillä 1-100 bar? Approksimoi osittaisderivaattaa ja ota tiedot taulukosta.

Aineominaisuuksia:

Vesi	Ilma
$c_p = 4200\text{ J/kgK}$	$c_p = 1000\text{ J/kgK}$
$\rho = 1000\text{ kg/m}^3$	$M = 28,965\text{ kg/kmol}$
$M = 18\text{ kg/kmol}$	$\gamma = 1,4$
$\kappa_T = 40 \cdot 10^{-6}/\text{bar}$	
$\beta = 2 \cdot 10^{-4}/\text{K}$	