

Tampereen yliopisto

YEB.431 TEKNILLINEN TERMODYNAMIIKKA

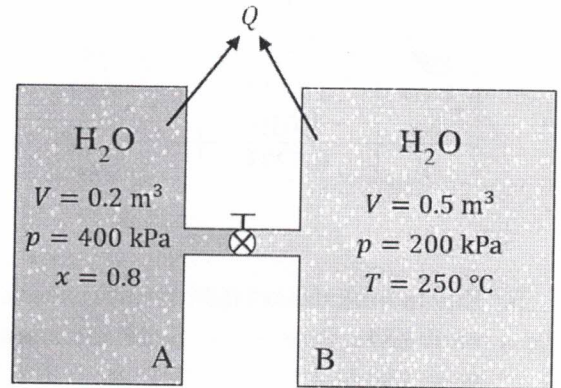
Tentti 20.12.2022 / Seppo Syrjälä

Sallittu kirjallisuus: jaettava kaavakokoelma

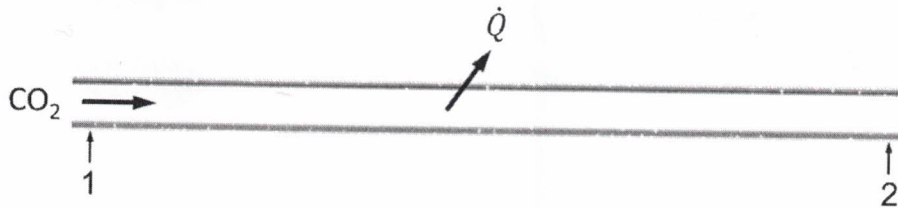
Palauta kaavakokoelma tentin jälkeen; älä tee siihen merkintöjä

Ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu

1. Kuvan mukaisessa tilanteessa molemmissa säiliöissä on vesihöyryä; alkutilat on annettu kuvassa. Tietyllä hetkellä säiliöiden välisessä putkessa oleva venttiili avataan, jolloin vesihöyry pääsee virtaamaan säiliöstä toiseen. Sekoittumisen yhteydessä säiliöistä poistetaan lämpöä. Tasapainotilanteessa vesihöyry asettuu lämpötilaan 50 °C . Paljonko lämpöä poistuu ja mikä on paine tasapainotilanteessa?



2. Putkessa, jonka halkaisija on 15 cm , virtaa hiilidioksidia (CO_2). Putken alussa (1) kaasun paine on 6 MPa , lämpötila 60 °C ja keskinopeus 15 m/s . Virtaavasta kaasusta poistuu lämpövirta \dot{Q} , jonka seurauksena kaasun lämpötila laskee; myös kaasun paine laskee painehäviöstä johtuen. Putken lopussa (2) kaasun paine on 5.2 MPa ja lämpötila 30 °C . Määritä kaasun keskinopeus putken lopussa käsittelemällä hiilidioksidia (i) ideaalikaasuna, (ii) reaalikaasuna. Määritä myös \dot{Q} käsittelemällä hiilidioksidia ideaalikaasuna.



3. Suljetussa jäykässä säiliössä on kaasua 3 kg paineessa 200 kPa ja lämpötilassa -10 °C . Säiliöön tuodaan lämpöä siten, että kaasun loppulämpötila on 40 °C . Määritä tuotu lämpö, Q , sekä entropian muutos, ΔS , kun kaasu noudattaa seuraavanlaista tilanyhtälöä:

$$pv = RT + bp \quad (b = \text{vakio} = 0.01\text{ m}^3/\text{kg}, R = \text{ainekohtainen kaasuvakio})$$

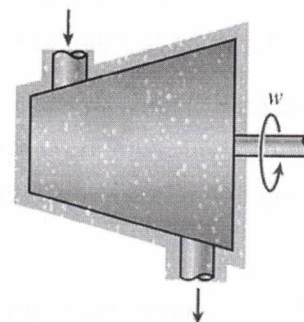
Lisäksi kaasulle tiedetään seuraavat arvot: $M = 17\text{ kg/kmol}$; $c_p = 2.2\text{ kJ}/(\text{kg K})$; $c_v = 1.7\text{ kJ}/(\text{kg K})$.

Mitkä ovat Q ja ΔS , jos kaasu noudattaakin ideaalikaasun tilanyhtälöä.

4. Metaanista, typestä ja argonista koostuva kaasuseos (mooliosuudet 35 %/40 %/25 %) virtaa adiabaattisesti toimivaan turbiiniin paineessa 1100 kPa ja lämpötilassa 500 °C. Turbiinissa kaasuseos paisuu paineeseen 150 kPa. Määritä turbiinin antama teho, kun turbiinin isentrooppinen hyötysuhde on 80 % ja kaasuseoksen tilavuusvirta sisäänvirtauksessa on 0.3 m³/s. Kaasuseoksen voi käsitellä ideaalikaasuna. Ota aineominaisuudet alla olevasta taulukosta.

Gas	c_p (kJ/kg·K)	c_v (kJ/kg·K)	M (g/mol)
CH ₄	2.2537	1.7354	16
N ₂	1.039	0.743	28
Ar	0.5203	0.3122	40

35% CH₄, 40% N₂, 25% Ar



5. Kuvan mukaisessa jäähdytysprosessissa kylmäaineena on R-134a. Prosessista tiedetään seuraavat arvot: $p_1 = 180$ kPa; $T_1 = -10$ °C; $p_3 = 800$ kPa; $T_3 = 24$ °C. Prosessin tehokerroin COP = 3.85 ja kylmäaineen massavirta 0.1 kg/s. Määritä:

- (a) Prosessin jäähdytysteho ($= \dot{Q}_L$).
- (b) \dot{S}_{gen} (rate of entropy generation) kompressorille, kun kompressor toimii adiabaattisesti.
- (c) Kylmäaineen höyrypitoisuus kohdassa 4 (x_4).

Painehäviöitä ei tarvitse ottaa huomioon höyrystimessä, lauhduttimessa eikä väliputkissa.

