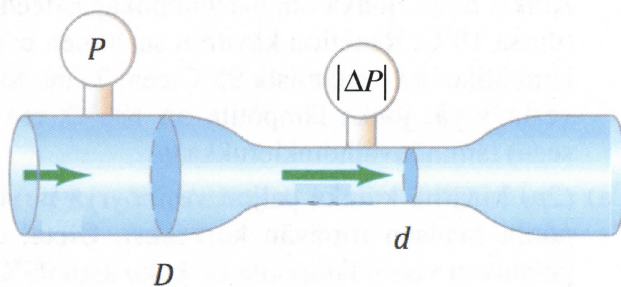


1. Vastaa kolmeen alakohtaan.

Prosessiin virtaavan nesteen (tiheys 1400 kg/m^3) virtausnopeutta tarkkaillaan venturi-mittarilla. Laitteeseen kytketty vasemmanpuoleinen painemittari näyttää arvoa $P = 120 \text{ kPa}$ ja oikeanpuoleinen mittari, joka on rakennettu näyttämään paine-erojen itseisarvoa, lukemaa $|\Delta P| = 12 \text{ kPa}$. Laitteen mitoista tiedetään, että $D = 30,0 \text{ cm}$, $d = 10,0 \text{ cm}$,

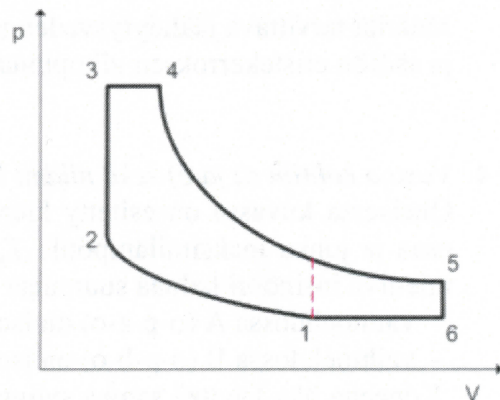
- a) (1p) Kuinka suuri on paine ohuemman putken kohdalla?
- b) (4p) Määritä virtausnopeus suuremmissa putkessa.
- c) (2p) Määritä tilavuusvirtaus suuremmissa putkessa.
- d) (1p) Jos paine suuremmissa putkessa kasvaa kaksinkertaiseksi (arvoon $P = 240 \text{ kPa}$), mutta nesteen virtausnopeus ei muutu, mitä näyttää oikeanpuoleinen mittari?



2. Vastaa kolmeen alakohtaan.

Hybridiautojen moottoreissa käytetään usein Atkinson-kiertoa, jossa moottorin hyötysuhde saadaan suuremmaksi kuin Otto-moottorissa. Viereinen kuva esittää ideaalista Atkinson-kiertoa ja siinä on havaittavissa kuusi eri prosessia, joista tiedetään, että 1-2 ja 4-5 ovat adiabaattisia. Voit olettaa, että moottorissa oleva kaasu on ideaalikaasua.

- a) (1p) Selvitä, minkä prosessien aikana moottori tekee työtä.
- b) (3p) Merkitse alla olevaan taulukoon kunkin prosessin kohdalle (esimerkiksi X) jos vasemmalla oleva väittämä pitää paikkansa. Vastauksia ei tarvitse perustella.



Voit käyttää joko tätä taulukkoa tai kopioida sen vastauspaperiin.

Prosessin aikana moottori	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-1
ottaa lämpöä						
ei ota lämpöä						
luovuttaa lämpöä						
ei luovuta lämpöä						

- c) (2p) Perustele b)-kohdassa antamasi vastaukset.
- d) (3p) Missä pisteessä tai millä välillä moottorin entropia on suurimmillaan?

Yleisiä ohjeita tenttiin

- Merkitse nimi ja opiskelijanumero jokaiseen paperiin.
- Merkitse suorittamasi kurssin nimi ja koodi vastauspaperiin.
- Ratkaise jokainen tehtävä omalle sivulleen; tehtävän alakohdat samalle sivulle.
- Lyhyet perustelut ratkaisuille vaaditaan, ellei tehtävässä toisin mainita.
- Jos vastaat useampaan alakohtaan kuin on sallittu, viimeiset alakohdat jätetään arvostelematta.
- Tentissä saa olla mukana yksi vaaleankeltainen arkki muistiinpanoja ja YO-kokeessa hyväksyttävä laskin.
- Muistiinpanoarkin yläreunassa tulee olla opiskelijan nimi ja opiskelijanumero.

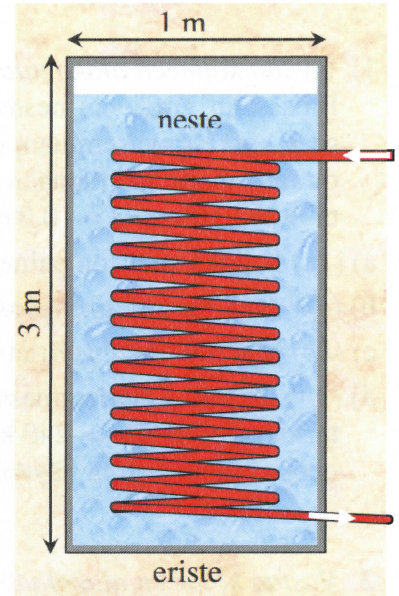
3. Vastaa kahteen alakohtaan.

Tarkastellaan viereisen kuvan sylinterimäistä reaktoria (säde 0,50 m ja korkeus 3,0 m), jossa paine pidetään koko ajan vakiona. Reaktorissa on 2600 kg nestettä, joka alussa muodostuu reaktion lähtöaineista.

Aluksi neste, jonka ominaislämpökapasiteetti $c_r = 3200 \text{ J/kg/K}$, on lämpötilassa 18°C . Reaktion käyntiin saaminen edellyttää reaktion lähtöaineiden lämpötilan kasvattamista 95°C :een. Tämä toteutetaan syöttämällä kuumaa vesihöyryä, jonka lämpötila on 180°C , reaktorin sisällä olevaan (punaiseen) lämmönvaihdinkierukkaan.

- (2p) Määritä kuinka paljon vesihöyryä tarvitaan, jotta lähtöaineiden lämpötila saadaan riittävän korkeaksi. Oleta, että lämmönvaihdinkierukasta poistuvan veden lämpötila on koko ajan 95°C .
- (3p) Määritä kuinka paljon lähtöaineiden entropia muuttuu, kun niitä lämmitetään 18°C :sta 95°C :een.
- (4p) Toiminnassa oleva reaktio on eksoterminen ja siinä vapautuu lämpöä 4,2 kW:n teholla. Reaktorisäiliö on eristetty kauttaaltaan 5,0 cm paksuisella vuorivillakerroksella, jotta laboratorio ei kuumentuisi liikaa lämmön johtumisen seurauksena. Reaktorin lämpötila täytyy pitää 250°C :ssa joten sitä joudutaan jäähdyttämään syöttämällä jäähdytysvettä ($5,0^\circ\text{C}$) lämmönvaihdinkierukkaan.

Määritä tarvittava jäähdytysveden tilavuusvirtaus (ℓ/min), jos jäähdytysvesi tulee ulos $10,0^\circ\text{C}$ asteisena ja säiliön eristekerroksen ulkopinnan lämpötila on 18°C .



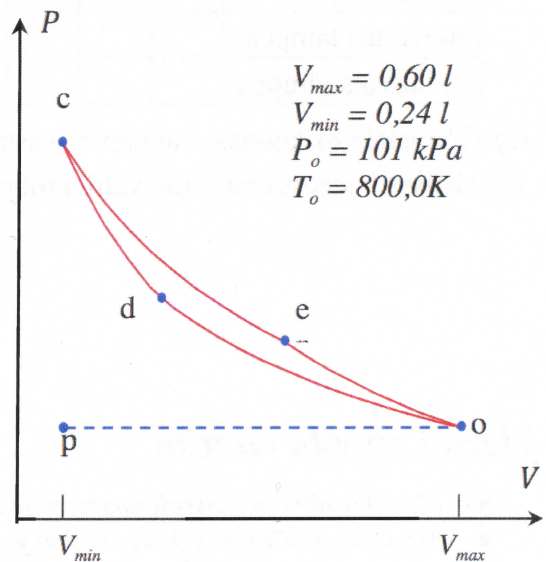
4. Vastaa kohtiin a) ja c) sekä niiden lisäksi joko kohtaan b) tai d), eli yhteensä kolmeen alakohtaan.

Oheisessa kuvassa on esitetty kiertoprosessi o-d-c-e-o, jossa on kaksi isotermistä ja kaksi adiabaattista osaa ja jonka maksimilämpötila $T_{max} = 906 \text{ K}$. Koska kierron sisään jäävä pinta-ala on pieni, prosessia miettivä insinööri haluaa suurentaa sitä. Hän yksinkertaistaa kiertoa ja kokeilee kahta vaihtoehtoa:

- vaihtoehdossa A (o-p-a-o) on isobaarinen, isokoorinen ja adiabaattinen prosessi
- vaihtoehdossa B (o-p-b-o) on isobaarinen, isokoorinen ja isoterminen prosessi

Koneena hän käyttää samaa sylinteriä ja mäntää, joten kaikissa vaihtoehdoissa tilavuudet V_{max} ja V_{min} sekä paine P_o ja lämpötila T_o (pisteessä o) ovat samoja. Koneessa käytetään kaasuna ilmaa.

- (1p) Mitä insinööri tavoittelee pyrkiessään kasvattamaan kierron sisään jäävää pinta-alaa
- (2p) Piirrä vaihtoehtoja A ja B kuvaavat kierrot siten, että erot ja yhtäläisyydet sekä kiertojen A ja B välillä että suhteessa alkuperäiseen kiertoon näkyvät. Voit käyttää joko tätä kuvaa tai kopioida sen vastauspaperiin.
- (2p) Määritä maksimi- ja minimilämpötilat vaihtoehdossa A.
- (5p) Määritä hyötysuhde vaihtoehdossa A ja vertaa sitä alkuperäisen vaihtoehdon hyötysuhteeseen.



Aineparametrejä:

Ilman adiabaattivakio	1,40
Ilman ominaislämpökapasiteetti vakiotilavuudessa	5R/2
Ilman tiheys	1,29 kg/m ³
Jään ominaislumislämpö	333 kJ/kg
Jään tiheys	917 kg/m ³
Veden ominaislämpökapasiteetti	4186 J/kg/K
Veden tiheys	1000 kg/m ³
Veden ominaishöyrystymislämpö	2260 kJ/kg
Vesihöyryn ominaislämpökapasiteetti	2010 J/kg/K
Vuorivillan lämmönjohtavuus	0,048 J/s/m/K

Vakioita:

Absoluuttinen nollapiste	-273,15 °C
Avogadron vakio	6,02 · 10 ²³ mol ⁻¹
Bolzmännin vakio	1,38 · 10 ⁻²³ J K ⁻¹
Kaasuvakio	8,314 J K ⁻¹
Normaali-ilmanpaine	101 kPa
Putoamiskiihtyvyys Maan pinnalla	9,81 m s ⁻²
Stefan-Boltzmanin vakio	5,67 · 10 ⁻⁸ W m ⁻² K ⁻⁴