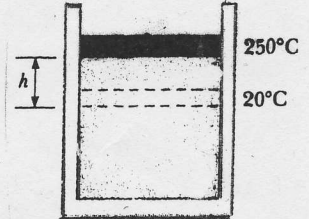


1. Insinööri IN tutkii ilmakehää vakioilmanpaineessa $1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa}$ ja lämpötilassa $T = 3,3^\circ\text{C}$. a) Osoita, että ilman moolimassa on noin $28,96 \text{ g/mol}$, kun ilman tilavuusmäärät ovat $78\% \text{ N}_2$, $21\% \text{ O}_2$ ja $1\% \text{ Ar}$, missä atomit ovat $\text{N} = {}^{14}\text{N}$, $\text{O} = {}^{16}\text{O}$ ja $\text{Ar} = {}^{40}\text{Ar}$. b) Laske ilman tiheys. IN käyttää tutkimuksessa joustavaa kaasupalloa KP, jonka ideaalikaasu helium $\text{He} = {}^4\text{He}$ pysyy koko ajan ulkoilman kanssa samassa paineessa ja lämpötilassa eli on (termodynaamisessa) tasapainossa. c) Osoita, että He:n tiheys on noin $13,8\%$ ilman tiheydestä. KP:n muuna kuormana (MK) on tiheä kuori ja luotainsondi, joiden nostetta keveässä ilmassa voidaan pitää nollana. KP kelluu ilmassa levossa, kun MK on 780 kg . Pystysuora gravitaatiokiihtyvyys on vakio $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. d) Laske tarvittava KP:n kaasun määrä (kilogrammoissa). Lämpötila nousee 30°C astetta ilmanpaineen pysyessä vakiona. e) Laske, paljonko (tasapainossa ja levossa oleva) KP pystyisi silloin kantamaan kuormaa MK.



Kuva 2

2. Insinöörillä IN on energiaa varastoivassa pystysuorassa mäntäsylinterissä yksinkertaista ideaalikaasua IK, jonka lämpötila alkutilassa on noin huoneenlämpötila 20°C . Ulkoinen ilmanpaine ja männän paino puristavat IK vakioaineella, kun prosessissaan IN tuo lämpöä $3,6 \text{ kJ}$ hitaasti paisuvaan IK, joka lopputilassa on (ympäristön lämmittimen) vakioilmanpaineessa 250°C ja tehnyt paisuntatyön $0,8 \text{ kJ}$. Osoita, että a) IK:n vapausasteiden määrä on noin 7 ja että b) IK:n isobaarinen lämpökapasiteetti on noin $15,65 \text{ J/K}$. Laske prosessin c) puristussuhde $r = V_{\text{max}}/V_{\text{min}}$ (maksimi- ja minimi-tilavuuksien suhde) ja d) IK:n entropian muutos ja -suunta (kasvu vai vähennys?).
3. Laite toimii sähkömoottorin työteholla $P = 600 \text{ W}$ ja sen lähtöenergiaa merkitään Q:lla. Talon lämmittämisessä laite ottaa lämpöpumppuna LP energian ulkoilmasta hyötysuhteella 300% (= teho- eli lämpökerroin). a) Laske laitteen LP:na taloon tuoma energia Q tunnissa (yksiköissä MJ). b) Millä teholla (kilowatteina) ilmaista ulkoilmaenergiaa jatkuvasti saadaan taloon? Kesällä samaa laitetta käytetään samoilla tehon ja lähtöenergian suoritusarvoilla P ja Q käänteisesti jäähdyttävänä ilmastointi(kylmä)koneena IKK poistamaan lämpöä talosta ulkoilmaan. c) Laske silloin laitteen hyötysuhde IKK:na.
4. Kokoonpuristumatonta vettä (tiheys on 1 kg/dm^3) on pumpattu virtaamaan (oikealle) stationaarisesti (ajasta riippumattomasti) vaakasuorassa sileästi kapenevassa pyöreässä putkessa, jonka (oikeasta) kapeammasta päästä (halkaisija on 3 cm) vesi puristuu ulkoilmaan nopeudella 15 m/s . Putken (vasemman) leveämmän päään halkaisija on 5 cm . a) Kuinka monta kilogrammaa vettä putkesta virtaa ulos 10 minuutissa? b) Mikä on veden nopeus putken (vasemmassa) leveämmässä päässä? c) Paljonko mittapainetta (lisäpainetta ilmanpaineen päälle) putkessa tarvitaan tällaisessa virtauksessa? Vesi on pumpattu liikkeeseen (vasemmalta) leveämmän päään suunnasta pumpulla, joka imee levossa olevaa vettä suuresta samalla vaakatasolla olevasta ulkoilma-altaasta. d) Laske tarvittava pumpun (minimi)teho.

5. Sähkökitaran otenuhoja tutkiva insinööri on kiristänyt kitkattoman kaltevan tason (kulma $\theta = 30^\circ$) pyörän ja levossa olevien massojen väliin tasapaksun homogeenisen kitaran paksuimman teräksisen (tiheys on $7,8 \text{ g/cm}^3$) E-kielen, jonka alin perus(soitto)taajuus on $164,8 \text{ Hz}$ (poikittaiselle seisovalle resonanssiaallolle). Kielen poikkinihityksen $0,677 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$ ja (kiinnitys)pituus $L = 0,62 \text{ m}$ (kaltevan tason suuntaan). Pystysuora $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Laske E-sävelen (resonanssin) a) aallonpituus ja b) synnyttävien E-säveltä soitettaessa c) kielen jännitys (yksiköissä MPa) ja d) massojen m_A



$$v = \sqrt{\tau / \mu} \quad (\tau = F_T)$$

$$\begin{aligned} \lambda &= 8,314 \text{ J/K/mol} = 1,986 \\ 3,15 &= (T_F - 32)/1,8, 1 \text{ atm} = \\ &= 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}, 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,494 \text{ MeV/c}^2. \end{aligned}$$