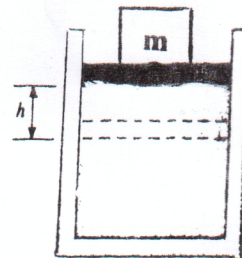


Tiiviissä kaksiossa (huonekorkeus on 252 cm) on yksinkertaista ideaalikaasua (IK) ilmaa 161 kg (eli 161/moolimassa $\approx 161/28,96 \cdot 10^{-3} \approx 5559,4$ moolia) alkutilassa ulkoilman paineessa 1 bar = 0,1 MPa ja lämpötilassa 10,35 °C. IK:n molekyyleillä on noin 5 vapausastetta. a) Osoita, että IK:n adiabaattivakio on noin 1,4 ja että IK:n moolilämpökapasiteetit (J/K/mol) ovat noin $c_V = 20,8$ ja $c_P = 29,1$. Laske kaksion b) IK:n tiheys ja c) pinta-ala. Lämmityksessä lämpötila nousee kaksinkertaiseksi (mitattuna celsius-asteissa), jolloin myös paine nousee. d) Laske lämmityksessä tarvittava lämpömäärä kilowattitunteina.

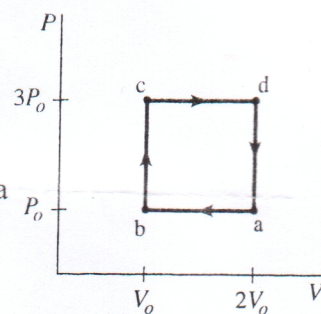
2. Mäntäsynterissä MS on yksinkertaista ideaalikaasua IK. Massaton mäntä (poikkipinta-ala on 156,8 cm²) on alkutilanteessa AT korkeudella 50 cm MS:n pohjasta. AT:ssa IK on ympäristön kanssa samassa paineessa 1 bar = 0,1 MPa ja samassa lämpötilassa T = 31 °C. Pystysuora gravitaatiokiihtyvyys on vakio $g = 9,8$ m/s². AT:sta lähtien tyhjän männän päälle lisätään ensin nopeahkosti (isentropisesti) kuorma m siten, että männän laskiessa lämpöä ei ehdi johtua ympäristöön. Tästä väli(tasapaino)tilasta vakiokuormaisen IK:n annetaan jäähtyä hitaasti vakiotilavuudessa (eli männän laskematta) loppu(tasapaino)tilaan LT eli takaisin ympäristön lämpötilaan T.



Kuva 2

Jäähtymisessä IK:sta johtuu ympäristöön lämpöenergiaa noin 183 J. Koko prosessin aikana LT:ssa mäntä kuormineen on laskenut matkan 0,1 m (AT:sta mitattuna). Osoita, että a) IK on noin 0,31 moolia ja että b) LT:ssa IK:n paine on noin 1,25 bar. Laske koko prosessin IK:n c) puristussuhde $r = V_{\max}/V_{\min}$ (maksimi- ja minimitilavuuksien suhde), d) sisäenergian muutos, e) tekemä työ ja f) entropian muutos (kasvu- vai vähennys?)

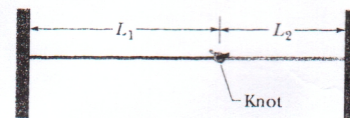
3. Kuvan myötäpäivään kiertävä pV-tason kiertokone abcd muodostuu tavanomaisista reversiibeleistä prosesseista, joiden kaasuna on yksinkertainen ideaalikaasu (IK) ilma (molekyyleillä on noin 5 vapausastetta). Vakiot ovat $V_0 = 2$ dm³ ja $P_0 = 1$ bar = 0,1 MPa. a) Selitä, mitkä seuraavista (tavanomaisilla symboleilla merkityistä) termodynaamisista IK:n suureista muuttuvat abcd:n tehtyä yhden kierroksen (YK): T, E (= U), Q, S, W. b) Laske nämä kaikki YK:ssa muuttuvat IK:n suuremuutokset. Osoita, että abcd:n c) YK:n aikana ottama lämpöenergia on noin 3,1 kJ ja d) hyötysuhde on noin 12,9 %.



Kuva 3

4. Tasapaksun putken kautta kuljetetaan paineessa 1,2 bar (1 bar = 0,1 MPa) vakiovauhdilla jatkuvasti sekunnissa $m = 10$ kg yksinkertaista ideaalikaasua (IK) ilmaa. Tunnin kuluessa putki läpäisee IK määrän 37 413 m³. Laske IK:n a) tiheys ja b) lämpötila. Eräessä kokeessa IK:n vauhtia putkessa vähennetään 20 prosenttia pitäen lämpötilaa vakiona. c) Osoita, että IK:n paine on nostettava noin arvoon 1,5 bar, jotta sama määrä m sekunnissa saadaan kuljetettua. d) Laske IK:n tiheys tällöin.

5. Kireät ohuet langat (pituudet ovat vasen $L_1 = 3$ m ja oikea $L_2 = 0,8$ m) on liitetty toisiinsa solmulla (Knot) kiinteiden seinien väliin. Seinästä lähtevä poikittainen aalto saavuttaa solmun ajassa $1,5 \cdot 10^{-2}$ s vasemmalta ja ajassa $0,5 \cdot 10^{-2}$ s oikealta. Vasemman langan massa on $m_1 = 20$ g. Laske a) lankoja jännittävät voimat, b) oikeanpuoleisen langan massa m_2 ja c) aallon etenemisnopeudet kummassakin langassa.



Kuva 5 $v = \sqrt{F_T/\mu}$ ($F_T = \tau$)

$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg², $g = 9,81$ m/s², $R = 8,314$ J/K/mol = 1,986 cal/K/mol, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹ = 10³/u, $k_B = R/N_A = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K, $T_C = T - 273,15 = (T_F - 32)/1,8$, 1 atm = 1,013 bar = 1,013 · 10⁵ Pa = 760 torr, $I_0 = 10^{-12}$ W/m², 1 cal = 4,186 J, 1 kWh = 3,6 · 10⁶ J, 1 eV = 1,602 · 10⁻¹⁹ J, $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, $c = 2,998 \cdot 10^8$ m/s, $1u = 10^{-3}/N_A = 1,661 \cdot 10^{-27}$ kg = 931,494 MeV/c².

Opiskelijanumero (myös kirjain), nimi, koulutusohjelma, opintojakson koodi ja kokeen päivämäärä jokaiseen suorituspaperiin.