

Tfy-3.1182 Fysiikka IB tentti, 14.5. 2008

1. Energiaa varastoivassa mäntäsynterissä MS on 5 litraa yksinkertaista ideaalikaasua IK ilmaa, jonka molekyyileillä on 5 vapausastetta. a) Osoita, että IK:n isokoorinen moolilämpökapasiteetti on noin 21 J/K/mol . IK pitää (kevyen eli massattoman (painottoman)) männän tasapainossa ulkoilman vakiopaineessa $1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa}$ ja noin huoneenlämpötilassa 20°C (katkoviiva). b) Laske IK:n moolimäärä. IK:a lämmitetään, jolloin sen lämpötila nousee arvoon 250°C . Samalla IK paisuu ja mäntä nousee hitaasti lopputilassa matkan h vakioilmanpainetta vastaan. Männän ja samalla MS:n pohjan pinta-ala on $0,0098 \text{ m}^2$. c) Osoita, että nousu h on noin $h \approx 0,4 \text{ m}$. Laske IK:n d) paisunnassa tekemä työ, e) sisäenergian muutos ja f) paisuntaan tarvittava (ulkoinen) lämpöenergia eli MS:n varastoima energia.



Kuva 1

2. Insinööri IN:n mäntäsynterikoneessa on 1 kg (eli $1000/28,96 \approx 34,53$ moolia) yksinkertaista ideaalikaasua IK ilmaa, jonka molekyyileillä on 5 vapausastetta ($\gamma = 1,4$). IK:n alkulämpötila on $T_H = 600 \text{ K}$. IN lisää IK:uun lämpöä määrän $68,9 \text{ kJ}$ ja antaa IK:n paisua hitaasti isotermisesti alkutilavuudesta V_{\min} tilavuuteen V_2 . Laske paisunnassa a) IK:n tekemä työ ja b) entropian muutos ja suunta (kasvu vai vähennys?). c) Osoita, että suhteellinen tilavuusmuutos V_2/V_{\min} on noin $\approx 1,5$. Tästä IN jatkaa hidasta paisuttamista $V_2 \rightarrow V_{\max}$ adiabaattisesti siten, että lopputilassa V_{\max} IK:n (lauhdutus)lämpötila on noin huoneenlämpötila $T_L = 300 \text{ K}$. Laske tässä jatkopaisunnassa d) käytetty (ulkoinen) lämpömäärä ja e) IK:n tekemä työ. f) Laske koko prosessin puristussuhde $r = V_{\max}/V_{\min}$.

Kuva 2 $p \cdot V^\gamma = \text{vakio}$, $T \cdot V^{\gamma-1} = \text{vakio}$, $T^\gamma \cdot p^{1-\gamma} = \text{vakio}$

3. Talon pitämiseksi tasalämpiminä 22°C tarvitaan pakkaspäivänä $-7,5^\circ\text{C}$ tunnissa energiaa $Q_{\text{talo}} = 7,56 \text{ MJ}$. Lämpöpumppu toimii sähkömoottorilla, ottaa energian ulkoilmasta ja sen hyötysuhde (tehokerroin, lämpökerroin) on 480% . Laske seuraavassa tehot (kilo)watteina. a) Laske taloon tarvittava tuleva lämpöteho. b) Mitoita sähkömoottorin (minimi)teho. c) Millä teholla ilmaista ulkoilmaenergiaa silloin saadaan taloon?
4. Vesi (tiheys on 1 kg/dm^3) on pumpattu virtaamaan stationaarisesti (ajasta riippumattomasti) vaakasuorassa sileässä tasaisesti kapenevassa poikkileikkaukseltaan pyöreässä letkussa, jonka oikeasta kapeammasta päästä (halkaisija on 3 cm) vesi tulee ulkoilmaan nopeudella 15 m/s . Letkun vasemman leveämmän pään halkaisija on 5 cm . a) Kuinka monta kilogrammaa vettä letkusta virtaa ulos 10 minuutissa? b) Mikä on veden nopeus letkun vasemmassa (leveämmässä) päässä? c) Paljonko lisäpainetta (ilmanpaineen päälle) putkessa tarvitaan tällaisessa virtauksessa? Virtaus on saatu aikaan letkun vasempaan päähän kiinnitellyllä pumpulla, joka imee paikallaan seisovaa vettä suuresta samalla vaakatasolla vasemmalla olevasta ulkoilmasäiliöstä ja syöttää veden suoraan letkun vasempaan (leveämpään) päähän. d) Laske pumpun teho.
5. Päistään kiinnitettyssä kireässä teräskielessä (tiheys on 7800 kg/m^3 ja pituus on $213/452 \text{ m} \approx 0,47124 \text{ m}$) värähtelee poikittainen harmoninen aalto (laadut SI-järjestelmässä) $y(x,t) = 0,001 \cdot \sin(20x) \cdot \sin(300t)$. Laske aallon a) taajuus, b) aallonpituus ja c) vaihenopeus (aallon eteneville vastinaalloille). d) Osoita, että kielessä värähtelevän aallon kertaluku on $n = 3$. e) Hahmottele kuva värähtelyn muodosta. f) Laske kieltä kiristävä (normaali)jännitys (yksiköissä MPa).

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

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $R = 8,314 \text{ J/K/mol} = 1,986 \text{ cal/K/mol}$, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 10^3/u$,
 $k_B = R/N_A = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$, $T_C = T - 273,15 = (T_F - 32)/1,8$, $1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ torr}$,
 $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$, $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$, $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$, $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$,
 $1u = 10^{-3}/N_A = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$

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