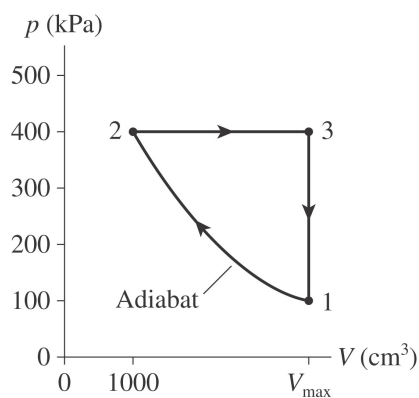


tentti: 4 tehtävää, 4 tuntia

1. (6p.) Vastaa seuraaviin kysymyksiin **lyhyesti perustellen**:

- Tarkastellaan kahta voimalaa, joista toinen sijaitsee pohjoisnavalla ja toinen päiväntasaajalla. Molemmista poltetaan hiiltä samassa lämpötilassa. Kummassa voimalassa on mahdollista saavuttaa suurempi hyötysuhde?
- Miksi kappaleen lämpötila voi muuttua adiabaattisen prosessin aikana vaikka tällöin kappaleeseen, tai siitä pois, ei siirry lämpöä?
- Kaasutäytteen kammion sulkee kitkattomasti liukuva mäntä, joka pysyy paikoillaan paineen ja painovoiman tasapainon seurauksena. Kammiota lämmitetään, jolloin mäntä liikkuu. Millainen prosessi on kyseessä kammiossa olevan kaasun kannalta?
- Teollisuuslaitoksen johtajana sinun on valittava kahden eri valmistajien rakentaman lämpövoimakoneen välillä. Valmistajien mukaan kone A ottaa 190 MJ lämpöä ja tuottaa 120 MJ työtä, ja kone B ottaa 240 MJ lämpöä ja tuottaa 135 MJ työtä. Kumpikin kone toimii lämpötilojen  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja  $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$  välillä. Kumman koneen valitset ja miksi?
- Kitaran kieli on kiinni molemmista päistään. Jos kieltä kiristetään, niin sen normaalimoodien taajuuksien kasvavat. Miten muuttuvat vastaavat aallonpituudet?
- Kävelet pois päin seinälle ripustetusta tasopeilistä josta näet kuvasi. Miten kuvan koko muuttuu kun etäisyytesi peiliin kasvaa?

2. Lämpövoimakone toimii siten, että 0.020 moolia kaksiatomista kaasua ( $C_V = 5R/2$ ) käy läpi oheisen kuvan mukaisen kierron:



- (2p.) Laske  $T_1$ ,  $T_2$  ja  $T_3$ .
- (3p.) Laadi taulukko josta ilmenee kuhunkin osaprosessiin liittyvät termisen energian muutokset, tehty työ ja siirtynyt lämpö.
- (1p.) Laske koneen hyötysuhde.

3. (a) (3p.) Kaksi samanlaista kaiutinta on aluksi samassa pisteessä  $y$  akselilla. Molempien kaiuttimien tuottama signaali on sisäisesti samassa vaiheessa, signaalin taaajuus on  $f$  ja nopeus on  $v$ . Kaiuttimista kohtisuoraan  $x$ -akselin suunnassa mitattu etäisyys kuulijaan on  $L$ . Kun toista kaiuttimista siirretään  $y$ -akselia pitkin, niin millä  $y$ :n arvoilla kuulija ei kuule mitään? Jos  $L = 2$  m,  $v = 344$  m/s ja  $f = 1000$  Hz, niin mikä on pienin etäisyys  $y_1$ , jolla ääni katoaa?
- (b) (3p.) Optinen järjestelmä tuottaa ylösalaisin olevan kuvan esineestä  $E$ . Ohuella linssillä, jonka polttoväli on  $f$ , muunnat kuvan oikeinpäin olevaksi ja kaksi kertaa suuremmaksi. Millaisen linssin tarvitset? Piirrä kuva tilanteesta, ja laske linssin ja väärinpäin olevan kuvan välinen etäisyys, sekä linssin ja suurennetun kuvan välinen etäisyys.
4. Valo kulkee kuperan linssin, jonka polttoväli on  $f = 20$  cm, läpi ja valaisee linssistä etäisyydellä  $\ell$  olevaa paperia. Tulevan, poikkileikkaukseltaan ympyrän muotoisen, valonsäteen halkaisija on  $d = 1$  cm ja valonlähteenä on Aurinko.
- (a) (1p.) Selitä, miksi Auringosta tulevaa valoa voidaan pitää hyvin kollimoituna.
- (b) (2p.) Auringosta saapuvan valon intensiteetti on  $S_0 = 137$  kW/m<sup>2</sup>. Laske paperille saapuvan säteilyn intensiteetti  $S_\ell$  ja säteilyn valaisema pinta-ala  $A_\ell$  etäisyyden  $\ell$  funktiona.
- (c) (2p.) Valaistun alueen  $A_\ell$  lämpötilaa  $T$  ajan  $t$  funktiona kuvaa relaatio

$$T(t) = T_0 + \frac{S_\ell}{\alpha}(1 - e^{-t\alpha/c}),$$

missä  $T_0 = 293$  K, on paperin lämpötila ennen valaisua,  $c = 170$  J/(Km<sup>2</sup>),  $\alpha = 25$  kW/(Km<sup>2</sup>) ovat vakioita. Paperin syttymispiste on  $T_s = 506$  K. Millä etäisyyksillä  $\ell$  paperi syttyy palamaan?

- (d) (1p.) Selitä mitä tapahtuu, kun  $\ell = f$ . Miksi intensiteetti  $S_f$  ei todellisuudessa kasva äärettömän suureksi?

## Kaavoja ja luonnonvakioita

$$\begin{array}{ll}
 dE = dQ + dW & dW = -p dV \\
 dQ = mc dT & Q = mL \\
 dQ = nC_V dT & dQ = nC_P dT \\
 pV = nRT & pV = Nk_B T \\
 pV^\gamma = \text{vakio} & \gamma = \frac{C_P}{C_V} \\
 C_P - C_V = R \\
 \frac{dQ}{dt} = \kappa A \frac{T_2 - T_1}{L} & \frac{dQ}{dt} = Ae\sigma T^4 \\
 \frac{1}{2}mv_{\text{rms}}^2 = \frac{3}{2}k_B T \\
 v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} & \lambda = \frac{V}{4\sqrt{2}\pi r^2 N} \\
 S = k_B \ln \Omega \\
 dS = \frac{dQ}{T} & dE = T dS - p dV \\
 \eta = \frac{W}{Q_{\text{in}}} & \eta_C = 1 - \frac{T_2}{T_1} \\
 e^{i\phi} = \cos \phi + i \sin \phi \\
 \sin(x + y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y \\
 \cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y \\
 \sin(2x) = 2 \sin x \cos x \\
 v = \lambda f & v = \omega/k \\
 k\lambda = 2\pi & \omega T = 2\pi \\
 \Delta\phi = 2\pi m & \Delta\phi = 2\pi \left(m + \frac{1}{2}\right) \\
 v = \frac{c}{n} \\
 d \sin \theta = m\lambda \\
 \theta_i = \theta_r & n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \\
 \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \\
 \frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{R} \\
 m = -\frac{s'}{s} & f = \frac{R}{2} \\
 \frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \\
 E = \hbar\omega = hf \\
 p = \hbar k = h/\lambda \\
 2d \cos \theta = m\lambda \\
 e^{i\pi} + 1 = 0 \\
 \cos(2x) = 2 \cos^2 x - 1 = 1 - 2 \sin^2 x \\
 \sin x + \sin y = 2 \cos(x/2 - y/2) \sin(x/2 + y/2) \\
 \cos x + \cos y = 2 \cos(x/2 - y/2) \cos(x/2 + y/2)
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll}
 c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s} & \hbar = 1.055 \cdot 10^{-34} \text{ Js} & k_B = 1.831 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \\
 N_A = 6.022 \cdot 10^{23} & R = 8.314 \text{ J/mol K} & \sigma = 5.670 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}
 \end{array}$$