

Kirjoitusvälineiden lisäksi funktiolaskin on sallittu.

1. Savussa olevien hiukkasten massa on tyypillisesti luokkaa  $10^{-16} \text{ kg}$ . Näiden hiukkasten ns. Brownin liike on havaittavissa mikroskoopilla, ja perustuu niiden törmäyksiin ilmamolekyylien kanssa (typi  $M = 28.0 \text{ g/mol}$  ja happi  $M = 32.0 \text{ g/mol}$ .) (a) Mikä on savuhiukkasen kineettinen energia ja neliöllinen keskinopeus lämpötilassa  $T = 300 \text{ K}$ ? Hiukkasen massa on  $m = 3.00 \times 10^{-16} \text{ kg}$ . (b) Määritä annetuista tiedoista ja kääntöpuolen vakioista yhden happimolekyylin massa. Mikä on happimolekyylin neliöllinen keskinopeus samassa lämpötilassa? (c) Mikä on savuhiukkasen ja happimolekyylin liikemäärien suhde? Entä liike-energioiden?

2. Virukset ovat hyvin pieniä, mutta niitä on viime vuosina onnistuttu punnitsemaan mittaamalla pienen (n.  $30 \text{ nm}$  pitkä) piiliuskan värähtelyjä. Piiliuskaa voidaan mallintaa harmonisena värähtelijänä, jonka jousivakio on  $k$  ja massa on  $m_s$ . Punnitus toteutetaan mittaamalla ensin pelkän liuskan värähdystaajuus, sitten määritetään taaajuus liuskalle, jonka päähän on kiinnitetty virus.

(a) Olkoon liuskan värähdystaajuus ilman virusta  $f_s$  ja viruksen kanssa  $f_{s+v}$ . Osoita, että taaajuudet voidaan esittää viruksen ja liuskan massojen suhteen avulla:

$$\frac{f_{s+v}}{f_s} = \frac{1}{\sqrt{1 + (m_v/m_s)}}$$

missä  $m_v$  on viruksen massa ja  $m_s$  liuskan massa.

(b) Olkoon liuskan massa  $2.1 \times 10^{-16} \text{ g}$  ja värähdystaajuus ilman virusta on  $2.00 \times 10^{15} \text{ Hz}$  ja viruksen kanssa  $2.87 \times 10^{14} \text{ Hz}$ . Mikä on viruksen massa?

3. Vahvan langan pituus on  $1.50 \text{ m}$  ja massa on  $0.127 \text{ kg}$ . Katosta roikkuvaan lankaan on kiinnitetty kuorma, jonka paino on  $w_k$ . Kun näppäilet kevyesti lankaa, siinä alkaa edetä aalto, jota kuvaa yhtälö

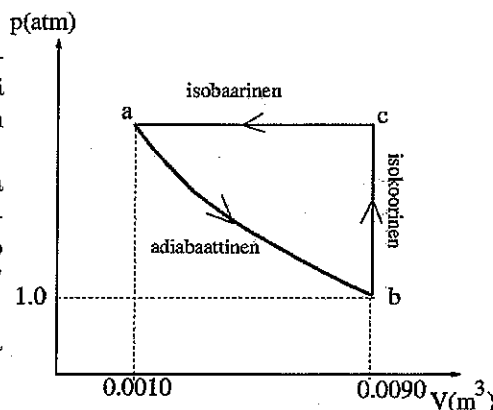
$$y(x, t) = (8.50 \text{ mm}) \cos((172 \text{ m}^{-1})x - (2730 \text{ s}^{-1})t)$$

(a) Määritä aallon etenemisnopeus langassa. (b) Kuinka suuri on kuorman paino  $w_k$ ? (c) Määritä aallonpituus ja taaajuus. Jos lankaan muodostuu kyseisellä taaajuudella seisova aalto, montako aallon solmua (noodia) lankaan mahtuu?

4. Tarkastellaan ideaalikaasua, jota on  $1.567 \text{ mol}$  ja jonka adiabattivakio on  $\gamma = 1.40$ . Oheinen kaavio esittää sen läpikäymää kiertoprosessia. Pisteessä  $b$  kaasun lämpötila on  $70 \text{ K}$ , paine on  $1.0 \text{ atm}$  ja tilavuus  $0.0090 \text{ m}^3$ . Pisteessä  $a$  tilavuus  $0.0010 \text{ m}^3$ .

(a) Laske kaasun molaariset ominaislämpökapasiteetit  $C_V$  ja  $C_P$ . (b) Prosessi  $a \rightarrow b$  on adiabattinen. Määritä paine ja lämpötila pisteessä  $a$ . (c) Mikä on lämpötila pisteessä  $c$ ? Ottaako vai luovuttaako systeemi lämpöä prosesseissa  $b \rightarrow c$  ja  $c \rightarrow a$ ? Mitkä ovat prosesseihin liittyvät lämpömäärät?

(d) Tekeekö tarkasteltava ideaalikaasu kierroksen aikana työtä vai tehdäänkö siihen työtä? Määritä tehty ty.



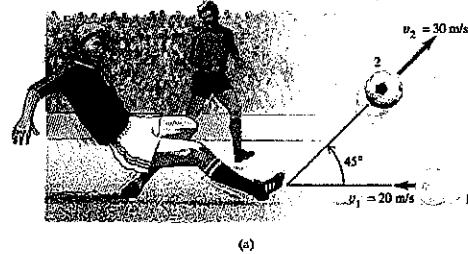
Tehtävä 4.

5. Ihmiskehon pinta-ala on noin  $1.20 \text{ m}^2$  ja pintalämpötila noin  $30^\circ \text{ C}$ . (a) Jos ihon emissiviteetti on  $e = 1$ , mikä on kokonaisteho, jolla paljas iho säteilee? (b) Jos ympäristön lämpötila on  $T_s = 20^\circ \text{ C}$ , mikä on nettoteho, jolla paljas iho säteilee? (d) Paljonko nettosäteilyn ansiosta kehon, ympäristön ja maailman-kaikkeuden entropiat muuttuvat yhden sekunnin aikana?

Tentin kaksi viimeistä tehtävää kääntöpuolella:

6. Tasainen (ei kallistettu) moottoritien mutka kaartaa säteellä  $220\text{m}$ . Auto ajaa kaarteeseen vauhdilla  $25.0\text{m/s}$  (a) Paljonko tämä on kilometreissä tunnissa? (b) Mikä on auton keskihakukiihtyvyyys? (c) Kuinka suuri on renkaiden ja tienpinnan välisen kitkakertoimen vähintään oltava, jottei auto liukuisi ulos kaarteesta? (d) Jos kitkakerroin putoaa puoleen tästä, kuinka paljon auton nopeutta on alennettava, jottei auto liukuisi kaarteesta ulos?

7. Jalkapallon massa on  $0.450\text{kg}$  ja se kulkee pois päin maalista nopeudella  $20.0\text{m/s}$ . Vastapalloon potkaisevan kärkipelaajan jalasta pallo lähtee tulosuuntaansa, kuten kuvassa. Pallo nousee yläviistoon kulmaan  $45^\circ$  vauhdilla  $30.0\text{m/s}$  (ks. kuva).



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

Tehtävä 7.

Kaavoja, joita saatat tarvita. Osa niistä toimii vain erikoistapauksissa, eivätkä siis ole yleispäteviä.

Umpinaisen pallon hitausmomentti  $I = \frac{2}{5}MR^2$ , onton pallon hitausmomentti  $I = \frac{2}{3}MR^2$ , umpinaisen kiekon hitausmomentti  $I = \frac{1}{2}MR^2$ , Onton kiekon hitausmomentti  $I = MR^2$ .

Ympyrän pinta-ala  $A = \pi R^2$ , pallon pinta-ala  $A = 4\pi R^2$ .

Maapallon säde  $R = 6.38 \times 10^6\text{m}$ . Maapallon massa  $M = 5.97 \times 10^{24}\text{kg}$ .

$1\text{atm} = 1.01 \times 10^5\text{Pa}$ ,  $g = 9.80\text{m/s}^2$ ,  $G = 6.67 \times 10^{-11}\text{Nm}^2/\text{kg}^2$ ,

$0^\circ\text{C} = 273\text{K}$   $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{J}}{\text{W}\cdot\text{m}^2}$ .

$k = R/N_A = 1.381 \cdot 10^{-23}\text{J/K}$ ,  $R = 8.315\text{J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ ,  $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}\text{kpl/mol}$ .  $m = nM$ ,  $N = nN_A$

$v = \frac{dx}{dt}$ ,  $a = \frac{dv}{dt}$ ,  $x = x_0 + \int_0^t v dt$ ,  $v = v_0 + \int_0^t a dt$ ,  $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ ,  $v = v_0 + at$ ,  $a_{\text{rad}} = \frac{v^2}{r}$ ,  $v = \frac{2\pi r}{T}$ ,  $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$ ,  $\mathbf{J} = \Delta\mathbf{p}$ .

$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$ ,  $\sum \mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$ ,  $\mathbf{F}_{ab} = -\mathbf{F}_{ba}$ ,  $K = \frac{1}{2}mv^2$ ,  $W = \mathbf{F} \cdot \Delta\mathbf{s}$ ,  $W = \int_1^2 \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l} = -\Delta U$ ,  $W_{\text{tot}} = \Delta K$ ,  $J = F_{\text{ave}}\Delta t$ ,  $\mathbf{J} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt$ .

$K = \frac{1}{2}I\omega^2$ ,  $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$ ,  $\vec{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$ ,  $\tau = I\alpha$ ,  $\mathbf{P} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2$

$$v_{ax} = \frac{m_a - m_b}{m_a + m_b} v_x, v_{bx} = \frac{2m_a}{m_a + m_b} v_x.$$

$F_g = G \frac{mM}{r^2}$ ,  $U_g = -G \frac{mM}{r}$ ,

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\kappa}{I}}, f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}, f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}, f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{mgd}{I}}$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad f_L = \frac{v + v_L}{v + v_S} f_S.$$

$y = A \cos(kx - \omega t)$ ,  $y = A \cos(kx + \omega t)$ ,  $v = \sqrt{F/\mu}$ ,  $y(x, t) = (A_{sw} \sin kx) \sin \omega t$   $v = \sqrt{B/\rho}$ .

$v = \lambda f$   $v = \omega/k$ .

$P = \frac{1}{2} \sqrt{\mu} F \omega^2 A^2$ ,  $p_{\text{max}} = BkA$ ,  $I = \frac{1}{2} \sqrt{\rho} B \omega^2 A^2$ ,  $\beta = (10\text{dB}) \log \frac{I}{I_0}$ .

$H = Ae\sigma T^4$ .  $dQ = mcdT = nCdT$ ,  $Q = mL_{f,c}$   $dW = pdV$ ,  $dS = dQ/T$ ,  $S = k \ln w$ ,  $pV^\gamma = \text{vakio}$ ,  $TV^{\gamma-1} = \text{vakio}$ ,  $\gamma = C_p/C_V$ ,  $C_V = \frac{f}{2}R$ ,  $C_p = C_V + R$ ,  $pV = nRT$ ,  $dU = nC_V dT$ .  $\frac{1}{2}mv_{\text{rms}}^2 = \frac{3}{2}kT$ .

$dU = dQ - dW$ .