

1.(a) Osoita, että ympyrärataa kiertävän satelliitin nopeus riippuu sen etäisyydestä seuraavasti

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}},$$

missä  $M$  on planeetan massa ja  $r$  satelliitin kiertoradan säde.

(b) Satelliitti kiertää Maan ympäri päiväntasaajan tasossa kerran vuorokaudessa. Mikä on sen kiertoradan säde? Entä sen korkeus maanpinnasta? (Maan massa on  $5.97 \times 10^{24} \text{kg}$  ja sen säde on  $6.38 \times 10^6 \text{m}$ .) (b) Selitä, miksi satelliitti ei voi suoraan lähettää radiosignaalia vastaanottimeen, joka on pohjoiseen leveyspiiristä  $81.3^\circ$ .

2. 100g vesihöyryä ( $T_v = 100^\circ\text{C}$ ) tiivistyy nestemäiseksi vedeksi keittiön ikkunaan vakioilämpötilassa. Keittiön ilman ja ikkunan lämpötila on  $T_y = 20^\circ\text{C}$ . Vaikka lämpöä siirtyy vesihöyryn ja ympäristön välillä, ei ympäristön lämpötila muutu.

(a) Paljonko veden ja ympäristön välillä siirtyy lämpöä?

(b) Paljonko veden entropia muuttuu tiivistymisessä? Paljonko ympäristön (huoneilma ja ikkuna) entropia muuttuu samalla? Kuinka suuri on entropian kokonaismuutos? Onko tämä sopuoinnussa termodynamiikan toisen pääsäännön kanssa?

Veden höyrystymisen latenttilämpö  $L_v = 2.256 \times 10^6 \text{J/kg}$ .

3. Hiilidioksidin,  $\text{CO}_2$ , adiabaattivakio on  $\gamma = 1.30$ . (a) Osoita ideaalikaasulle, että ominaislämpökapasiteetti vakioilavuudessa  $C_V = R/(\gamma - 1)$ . (b) Mikä on tämän perusteella hiilidioksidin  $C_V$ ? (c) Jos  $\text{CO}_2$  on ideaalikaasu, mikä on sen ominaislämpökapasiteetti vakioaineessa  $C_P$ ? (d) Kuinka monta kineettiseen energiaan vaikuttavaa vapausastetta hiilidioksidilla edellisten kohtien perusteella on?

4. Opiskelija, jonka massa on  $70 \text{kg}$  kehittää juostessaan lämpöenergiaa teholla  $1200 \text{W}$ . Jotta kehon lämpötila pysyisi  $37^\circ\text{C}$ :ssa, on energian poistettava esim. hikoilemalla. Jos energianpoistomekanismit pettäisivät, kuinka pitkän ajan opiskelija voisi juosta ennenkuin pysyviä vaurioita syntyisi? (Kehon proteiinirakenteet vaurioituvat pysyvästi, jos kehon lämpötila on yli  $44^\circ\text{C}$ . Kehon keskimääräinen ominaislämpökapasiteetti on  $3480 \text{J/(kg} \cdot \text{K)}$ , mikä on alempi kuin veden, koska kehon rasvalla ja proteiineilla ym. on alempi ominaislämpökapasiteetti kuin vedellä.)

5. Auringon pinnan lämpötila on  $5800 \text{K}$  ja pinta koostuu enimmäkseen vetyatomeista (massa  $1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$ ). (a) laske neliöllinen keskinopeus  $v_{rms}$  vetyatomille tuossa lämpötilassa. (b) Osoita, että hiukkasen pakonopeus auringon gravitaatiokentästä auringon pinnalta on  $v_e = (2GM/R)^{1/2}$ , missä  $M$  on auringon massa ja  $R$  on auringon säde. ( $M = 1.99 \times 10^{30} \text{kg}$  ja  $R = 6.96 \times 10^8 \text{m}$ .) (c) Voiko auringosta paeta merkittäviä määriä vetyatomeja? Voiko sieltä paeta yhtään vetyä? Selitä!

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

$$g = 9.80 \text{m/s}^2, G = 6.67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2, 0^\circ\text{C} = 273 \text{K}.$$

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

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}, \mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}, x = x_0 + \int_0^t v dt, v = v_0 + \int_0^t a dt, a_{rad} = \frac{v^2}{R}, v = \frac{2\pi R}{T},$$

$$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}, \sum \mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}, \mathbf{F}_{ab} = -\mathbf{F}_{ba},$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2, W = \int_1^2 \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l} = -\Delta U, W_{tot} = \Delta K, \mathbf{J} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt,$$

$$K = \frac{1}{2}I\omega^2, \mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}, \bar{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}, L = I\omega, \sum \bar{\tau} = \frac{d\mathbf{L}}{dt},$$

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, U_g = -G \frac{m_1 m_2}{r},$$

$$dQ = mcdT = nCdT, Q = mL_{f,c}$$

$$dW = pdV, dS = dQ/T, S = k \ln w,$$

$$pV^\gamma = \text{vakio}, TV^{\gamma-1} = \text{vakio}, \gamma = C_p/C_V, C_V = \frac{f}{2}R, C_p = C_V + R, pV = nRT, dU = nC_V dT.$$