

Välikokeeseen tehtävät 1-5, tenttiin 3-7, molempiin 1-7. Voit osallistua kumpaan tahansa, mutta merkitse paperiin selvästi, mihin osallistut.

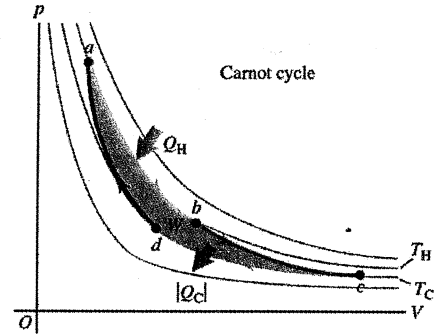
- ① Auringon pinnan lämpötila on $5800K$ ja pinta koostuu enimmäkseen vetyatomeista (massa $1.67 \times 10^{-27}kg$). (a) laske vetyatomien neliöllinen keskinopeus v_{rms} tuossa lämpötilassa. (b) Hiukkasen pakonopeus auringon gravitaatiokentästä auringon pinnalta on $v_e = \sqrt{2GM/R}$, missä M on auringon massa ja R on auringon säde. Voiko auringosta paeta merkittäviä määriä vetyatomeja?

(c) Oleta, että auringon emissiviteetti on tasan 1. Mikä on auringon säteilyn intensiteetti auringon pinnalla? Mikä on auringon kokonaisteho?

Avuksi tehtävän ratkaisemiseen: Auringon massa on $M = 1.99 \times 10^{30}kg$ ja säde $R = 6.96 \times 10^8m$.

- ② Kuvassa on esitetty kiertoprosessi, joka kuvaa erään lämpökoneen toimintaa. Oletetaan, että systeemi ottaa kierroksen aikana lämpöä määrän $Q_H = 2880J$ vakio­lämpötilassa $T_H = 500K$ ja luovuttaa lämpöä määrän $Q_C = 2016J$ lämpötilassa $T_C = 350K$.

(a) Mikä on systeemin ottama nettolämpö kierroksen aikana? Mikä on systeemin tekemä työ? (b) Mikä on hyötösuhde? (c) Kone tekee 240 kierrosta minuutissa. Millä teholla se tekee mekaanista työtä?



Tehtävä 2.

- ③ Tarkastele vesihöyryä $T = 100^\circ$ normaali-ilmanpaineessa $p = 1.0atm = 1.013 \times 10^5 Pa$. Oleta sen noudattavan ideaalikaasun tilanyhtälöä.

(a) Kuinka suuren tilavuuden vie yksi mooli tällaista vesihöyryä? (b) Yksi mooli vesihöyryä tiivistyy nestemäiseksi lämpötilassa $100^\circ C$. Paljonko vesi luovuttaa lämpöä, ja mikä on veden entropian muutos? (c) Jos luovutettu lämpö siirtyy huoneilmaan, jonka lämpötila on vakio 20° , paljonko muuttuu huoneilman entropia? Entä maailmankaikkeuden kokonaisentropia?

(Veden moolimassa on $M = 18.0g$ ja höyrystymisen latenttilämpö on $L_v = 2.256 \times 10^6 J/kg$.)

- ④ Vesihöyryn H_2O ominaislämpökapasiteetti vakio­paineessa on $C_P = 34.02J/(mol \cdot K)$ lämpötilassa $T = 375K$

(a) Oleta, että H_2O on ideaalikaasu. Laske ominaislämpökapasiteetti vakio­tilavuudessa ja adiabaattivakio. (b) Montako energiavapausastetta tämän perusteella vesimolekyylillä on? Yksi litra vesihöyryä pääsee laajenemaan adiabaattisesti paineesta $p_1 = 10atm$ tilavuuteen $10l$. Mikä on kaasun paine p_2 laajenemisen jälkeen. Jos alussa kaasun lämpötila oli $T_1 = 375K$, mikä on sen lämpötila T_2 laajenemisen jälkeen? (Oletetaan, että paine alenee niin, ettei vesihöyry tiivisty vedeksi.)

- ⑤ Pallonmuotoinen kappale, esim. jokin planeetta, (massa M ja säde R) aiheuttaa ympärilleen etäisyydestä riippuvan gravitaatiokentän. (a) Pakonopeus määritellään pienimpänä nopeutena, jolla planeetalta pääsee äärettömän kauas. Osoita, että pakonopeus on massan ja säteen avulla lausuttuna

$$v_e = \sqrt{2GM/R}$$

(b) Mustan aukon tapahtumahorisontin säde (schwarzschildin säde) määritellään etäisyydeksi, jolta vaaditaan pakonopeudeksi valon nopeus $c = 3.0 \times 10^8 m/s$. Maapallon massa on $M = 5.97 \times 10^{24}kg$. Jos maapallon massainen kappale kutistuisi mustaksi aukoksi, mikä olisi sen Schwarzschildin säde?

käännä

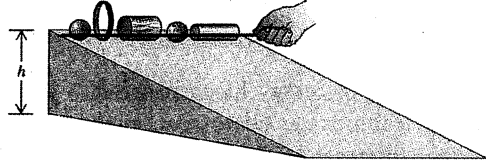
tentin kaksi viimeistä tehtävää:

6. Kumipallo ($m = 0.250\text{kg}$) pudotetaan 2.0m :n korkeudelta. (a) Mikä on pallon nopeus sen törmätyksen jälkeen? (b) Pallo menettää kimmoitessaan osan kineettisestä energiastaan, ja pomppaa vain 1.3m :n korkeudelle. Mikä on pallon nopeus juuri kun se irtoaa lattiasta? (c) Kuinka suuri on pallon liikemäärän muutos törmäyksessä? Mikäli törmäys lattiasta kestää 0.05s , mikä on lattian pallon kohdistama keskimääräinen voima?

7. Tarkastele kahta liukumatta vierivää kappaletta kaltevalla tasolla. Voit kirjoittaa hitausmomentin muotoon $I = cMR^2$, missä M on kappaleen massa ja R on sen säde. Vakio c on kappaleen muotoon liittyvä suure.

(a) Osoita, että liukumatta vierivälle kappaleelle voidaan kirjoittaa kineettinen energia muotoon

$$K = \frac{1}{2}Mv^2(1 + c).$$



(b) Jos kappale lähtee liikkeelle korkeudelta h , mikä on sen nopeuden lauseke korkeudella 0 (ks. kuva)?

(c) Kumpi kappale vierii nopeammin umpinainen pallo vai umpinainen kiekko? Perustelee.

Tehtävä 7.

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

Umpinaisen pallon hitausmomentti $I = \frac{2}{5}MR^2$, ontton pallon hitausmomentti $I = \frac{2}{3}MR^2$, umpinaisen kiekon hitausmomentti $I = \frac{1}{2}MR^2$, Ontton 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 $M = 5.97 \times 10^{24}\text{kg}$.

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

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

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

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

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

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

$\mathbf{P} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2$

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

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

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