TTY/FYS-1091 Insinöörifysiikka I, 2014 (Paavilainen)
Tentti 23.06.2014

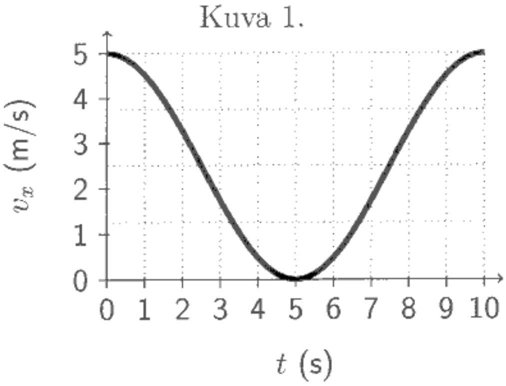
Lue allaolevat huolella ensin!

- **Tentissä saa käyttää laskinta, mutta se ei saa olla ohjelmoitava!**
- Kolmannella sivulla kaavoja ja vakioita. Omia taulukkoja tai kaavostoja ei sallita.
- Tämän tentin yhteydessä on mahdollista korvata **kevään 2014, Paavilaisen vetämän toteutuskerran** 1. tai 2. välikoe.
- Ympyröidyt kysymykset (1, 2, 4, 5, 7) kuuluvat tenttiin.
- Tehtävät 1-4 (ensimmäisellä sivulla) kuuluvat 1. välikokeeseen.
- Tehtävät 5-8 (toisella sivulla) kuuluvat 2. välikokeeseen.
- HUOM! Kummassakin välikokeessa on vain 4 tehtävää, pisteet skaalataan lopuksi.
- Jos olet suorittanut laskuharjoitukset < 2014 tai toiselle luennoitsijalle, merkitse suoritusvuosi ja luennoitsijan nimi (jos muistat) oman nimesi viereen.

1. välikokeen tehtävät

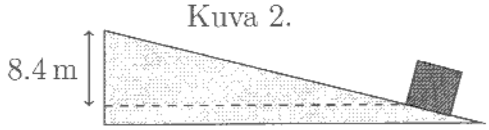
1. Viereisessä kuvassa 1 on esitetty x-akselia pitkin kulkevan kappaleen nopeus ajan suhteen välillä 0→10 s. Arvio kuvaajasta
a) kappaleen keskikiihtyvyys välillä 0→5 s,
b) kappaleen kiihtyvyys hetkillä 0 s ja 3 s, sekä
c) kappaleen kulkema matka välillä 0→10 s.

Kuva 1.



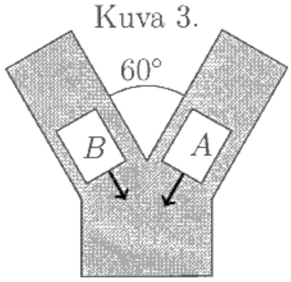
2. Kaltevalla tasolla olevalle palikalle annetaan alkuvauhti 14 m/s ylämäkeen. Palikan massa on 0.37 kg. Palikka nousee tasoa pitkin korkeuteen 8.4 m asti (ks. kuva 2).
a) Laske kitkan tekemä työ nousun aikana.
b) Nousun jälkeen palikka lähtee liukumaan takaisin tasoa alaspäin. Millä vauhdilla palikka ohittaa lähtöpisteensä olettaen kitkan tulevan vain palikan ja alustan välisestä kontaktista (ei ilmanvastusta)?
c) Perustele edellisten avulla, onko kitka konservatiivinen voima.

Kuva 2.



3. Kaksi autoa (A: massa 980 kg ja B: massa 1100 kg) törmäävät toisiinsa oheisen kuvan 3 mukaisessa liukkaalla tiellä Y:n muotoisessa risteyksessä. Autojen välisten nopeuksien suunnissa on siten 60° ero ennen törmäystä. Törmäyksessä autot tarttuvat toisiinsa. Ennen törmäystä auton A vauhti oli 12 m/s ja auton B vauhti 14 m/s. Laske autojen yhteinen vauhti törmäyksen jälkeen.

Kuva 3.



4. Testaat umpinaisen sylinterin (säde R, massa M ja $I = \frac{1}{2}MR^2$) ja tason välistä kitkakerrointa säätämällä tason kallistuskulmaa suhteessa vaakasuoraan suuntaan. Huomaat, että kulman kasvaessa arvoon 65° sylinteri ei enää vieri vaan liukuu tasoa pitkin alas. Tätä pienemmillä kulmilla sylinteri kuitenkin vierii.
a) Saatko mittauksella selville lepo- vai liikekitkakertoimen? Perustele!
b) Kuinka suuri mittaamasi kitkakerroin on?

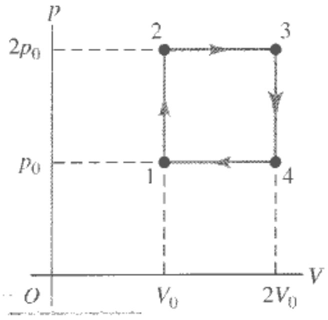
Käännä!

2. välikokeen tehtävät

5. Laakeassa avoimessa vesisäiliössä veden pinta on korkeudella 12.0 m maan pinnan yläpuolella. Säiliöstä otetaan vettä maan pinnalla kulkevan putken P kautta painepesuriin. Putkessa P veden virtausnopeus on 12.0 m/s. Laske veden paine putkessa P. Veden tiheys on $1.00 \cdot 10^3$ kg/m^3.

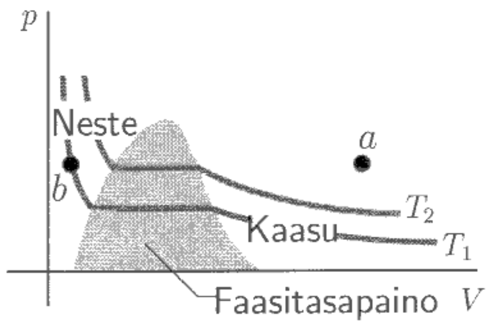
6. Heilurikello käy täsmälleen oikeaa aikaa, kun lämpötila on 18°C. Laske kuinka suuri on oikean ajan ja kellon ajan erotus vuorokauden aikana, jos lämpötila onkin koko ajan 27°C. Voit käsitellä kellon heiluria matemaattisena heilurina. Heiluri on tehty messingistä, jonka lämpölaajenemiskerroin $\alpha = 21 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{K}^{-1}$.
Vihje: Jos et muista matemaattisen heilurin kaavoja, niin voit johtaa ne yleisistä värähtelyn kaavoista. L:n mittaisessa matemaattisessa heilurissa palauttava voima on suoraan verrannollinen poikkeamaan x: $F = -\frac{mg}{L}x$.

7. Lämpövoimakoneessa kaksiatominen ideaalikaasu (5 vapausastetta) käy läpi oheisessa kuvassa 4 esitetyn, neljästä vaiheesta koostuvan syklin $1 \to 2 \to 3 \to 4 \to 1$. $V_0 = 1.2\,\mathrm{l}$ ja $p_0 = 1.2 \cdot 10^5$ Pa.
a) Laske syklin eri vaiheissa ($1 \to 2$, $2 \to 3$, $3 \to 4$, $4 \to 1$) kaasun tekemä työ.
b) Laske koneen hyötysuhde. Vihje: Systeemi ottaa lämpöä vain prosesseissa $1 \to 2$ ja $2 \to 3$.



Kuva 4.

8. Astiassa on ainetta lämpötilassa T_a. Aineen (eli systeemin) alkutila on kuvattu viereisen diagrammin pisteenä a. Tämän jälkeen systeemiä aletaan puristaa kasaan paineen pysyessä vakiona. Selitä miten aineen olomuoto muuttuu puristuksen aikana eri vaiheissa systeemin päätyessä lopputilaan b. Pohdi myös systeemin lämpötilan muuttumista sekä sitä tekeekö systeemi positiivista tai negatiivista työtä. Kuvan käyrät ovat isotermejä.



Vakioita (Tarvittavat materiaalikohtaiset vakiot tulevat vasta tenttipaperiin.)

Maa:

g=9.80 m/s^2

$m_E = 5.974 \cdot 10^{24}$ kg

$R_E = 6.38 \cdot 10^6$m

$G = 6.674 \cdot 10^{-11}$ Nm^2/kg^2

$N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}

$p_0 = 1.013 \cdot 10^5$ Pa

$R = 8.314$ J mol^{-1}K^{-1}

$k = 1.381 \cdot 10^{-23}$ J/K

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ Wm^{-2}K^{-4}

0 K=-273.15°C

1. välikokeen alue:

$$\vec{F} = -\nabla U = -\left(\frac{\partial U}{\partial x}\hat{\imath} + \frac{\partial U}{\partial y}\hat{\jmath} + \frac{\partial U}{\partial z}\hat{k}\right)$$

$$W = \int_{P_1}^{P_2} \vec{F} \cdot d\vec{l} \qquad W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \tau_z d\theta$$

$$W_{\text{other}} = \Delta E \qquad \vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt \qquad \vec{J} = \Delta \vec{p}$$

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \qquad \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{r} \times \Sigma \vec{F} = \vec{\tau}$$

$$\vec{v}_{P/A} = \vec{v}_{P/B} + \vec{v}_{B/A} \qquad I_P = I_{\text{cm}} + md^2$$

$$I = \int r^2 dm \qquad \vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \qquad \vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = I\vec{\omega}$$

$$a_{\text{rad}} = v^2/r \qquad s = r\theta \qquad \sum \tau_z = I\alpha_z$$

2. välikokeen alue:

$$Y = \frac{F_\perp/A}{\Delta l/l_0} \qquad p = \frac{dF_\perp}{dA} \qquad B = -\frac{\Delta p}{\Delta V/V_0}$$

$$S = \frac{F_\parallel/A}{x/h}$$

$$p = p_o + \rho g h \qquad p + \rho g y + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{vakio}$$

$$F_g = \frac{G m_1 m_2}{r^2} \qquad U = -\frac{G m_E m}{r}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad x = A\cos(\omega t + \phi)$$

$$\phi = \arctan\left(-\frac{v_{ox}}{\omega x_0}\right) \qquad A = \sqrt{x_o^2 + \frac{v_{0x}^2}{\omega^2}}$$

$$x = Ae^{-(b/2m)t}\cos(\omega' t + \phi) \qquad \omega' = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}}$$

$$A = \frac{F_{\max}}{\sqrt{(k - m\omega_d^2)^2 + b^2\omega_d^2}}$$

$$v = f\lambda = \frac{\omega}{k} \qquad y(x,t) = A\cos(kx \pm \omega t)$$

$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \qquad P = \frac{1}{2}\sqrt{\mu F}\omega^2 A^2$$

$$H = \frac{dQ}{dt} = kA\frac{T_H - T_C}{L} \qquad H = Ae\sigma(T^4 - T_s^4)$$

$$K_{\text{tr}} = \frac{3}{2}nRT \qquad v_{\text{rms}} = \sqrt{(v^2)_{av}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

$$C_V = \frac{\#\text{vap.aste}}{2}R \qquad C_p = C_V + R \qquad \gamma = \frac{C_p}{C_V}$$

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV \qquad \Delta U = U_2 - U_1 = Q - W$$

$$e = \frac{W}{Q_H} = 1 + \frac{Q_C}{Q_H} = 1 - \left|\frac{Q_C}{Q_H}\right|$$

$$K = \frac{|Q_C|}{|W|} = \frac{|Q_C|}{|Q_H| - |Q_C|} \qquad e_{\text{Carnot}} = \frac{T_H - T_C}{T_H}$$

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$