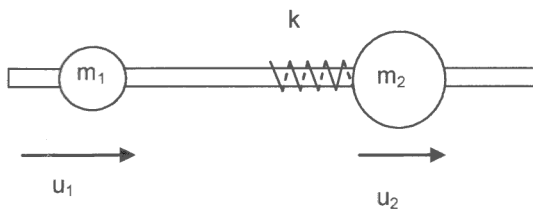


Kokeessa ei saa olla mukana kirjallisuutta tai taulukoita. Erillisellä paperilla on kaavoja ja taulukkotietoja. Muut mahdollisesti tarvittavat kaavat pitää johtaa tai muistaa. Jos jokin lukuarvo puuttuu, käytä arviota tai laske symbolein. *LASKIMET SALLITTU.*

- 1) Kappale (massa m) kiinnitetään ideaaliseen jouseen, jonka jousivakio on k ja lepopituus L_0 . Jousen toinen pää kiinnitetään pysty akseliin, jonka ympäri se pääsee pyörimään. Mikä on jousen pituus ja jännitys, kun systeemi pyörii kulmanopeudella ω ?
- 2) Geostationääriset satelliitit kiertävät maata päiväntasaajalla niin, että ne pysyvät paikallaan maanpintaan nähden. Erään tällaisen satelliitin massa on 820 kg. Laske satelliitin nopeus, radan säde ja satelliitin kulmaliikemäärä maan keskipisteen suhteen.
- 3) Kuvassa m_1 (2.0 kg) ja m_2 (5.0 kg) ovat palloja, joissa on keskellä reikä. Ne on pujotettu pitkään suoraan tankoon, jota pitkin ne pääsevät kitkatta liukumaan. Toisessa pallossa on kuvan mukaisesti kiinni ideaalinen jousi ($k=4480$ N/m). Nopeudet ovat $u_1 = 17.0$ m/s ja $u_2 = 3.0$ m/s, joten pallot törmäävät toisiinsa. Laske jousen maksimi puristuma törmäyksen aikana



- 4) Protonin relativistinen energia on $3mc^2$, missä m on protonin massa. Mikä on protonin relativistinen liikemäärä ja nopeus?
- 5) Selitä sanallisesti seuraavat käsitteet. Voit käyttää apuna kaavoja ja esimerkkejä
 - a) Kitkakerroin
 - b) Potentiaalienergia
 - c) Kimmomoduuli

Vakioita ja kaavoja

| | | | |
|------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------------|
| $g=9.81 \text{ m/s}^2$ | $c=2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ | $G=6.67259 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ | |
| Protonin massa | $1.6726231 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ | 1.007276470 u | $938.27231 \text{ MeV}/c^2$ |
| Neutronin massa | $1.6749286 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ | 1.008664904 u | $939.56563 \text{ MeV}/c^2$ |
| Elektronin massa | $9.1093897 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ | $5.48579903 \cdot 10^{-4} \text{ u}$ | $0.51099906 \text{ MeV}/c^2$ |
| Auringon massa | $1.99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ | Maan keskitiheys | $5.52 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ |
| Maan massa | $5.98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ | Maan keskisäde | $6.38 \cdot 10^6 \text{ m}$ |
| Kuun massa | $7.35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ | Maan keskietäisyys auringosta | $1.50 \cdot 10^{11} \text{ m}$ |
| | | Kuun keskietäisyys maasta | $3.84 \cdot 10^8 \text{ m}$ |

$$\vec{a} = \vec{\alpha} \times \vec{R} + \vec{\omega} \times \vec{\omega} \times \vec{R} = \alpha R \hat{t} - \omega^2 R \hat{r}$$

$$\vec{a}_C = -\frac{|V|^2}{R} \hat{r} = -\omega^2 R \hat{r}$$

$$F = -kx$$

$$\vec{F} = -\frac{Gm_1m_2}{r^2} \hat{r}$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$$

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = U(\vec{r}_A) - U(\vec{r}_B)$$

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

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_A}{mgl}}$$

$$\vec{F}' = \vec{F} - 2m(\vec{\omega} \times \vec{v}') - m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right)$$

$$u_x' = \frac{u_x - v}{1 - \frac{u_x v}{c^2}}$$

$$u_y' = \frac{u_y}{\gamma\left(1 - \frac{u_x v}{c^2}\right)}$$

$$u_z' = \frac{u_z}{\gamma\left(1 - \frac{u_x v}{c^2}\right)}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$l = \frac{l'}{\gamma}$$

$$t_2 - t_1 = \gamma(t_2' - t_1')$$

$$p = \gamma mv \quad E = \gamma mc^2 \quad m^2 c^4 = E^2 - p^2 c^2$$

$$E = \frac{L}{A} \frac{dF}{dl} \quad G = \frac{1}{A} \frac{dF}{d\phi} \quad K = -\frac{V}{A} \frac{dF}{dV} \quad c = \frac{\pi G a^4}{2l}$$

$$\frac{p}{\rho} + \frac{1}{2} v^2 + gy = \text{vakio}$$

$$\frac{dF}{dA} = \eta \frac{dv}{dz} \quad v = \frac{1}{4\eta} \left(\frac{dp}{dl}\right) (a^2 - r^2)$$

$$\frac{dM}{dt} = \frac{\pi \rho a^4}{8\eta} \frac{p_2 - p_1}{L}$$

| | Kimmomoduuli 10^{10} N/m^2 | Leikkausmoduuli 10^{10} N/m^2 | Puristusmoduuli 10^{10} N/m^2 |
|----------|---|--|--|
| Alumiini | 7.0 | 2.6 | 7.6 |
| Kulta | 7.8 | 2.7 | 22 |
| Kupari | 13 | 4.8 | 14 |
| Teräs | 21 | 8.2 | 17 |
| Volframi | 36 | 15 | 20 |

