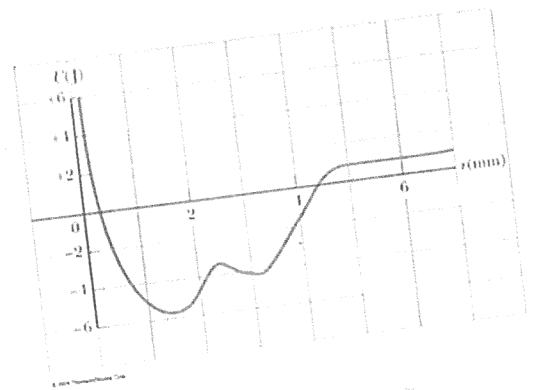


Kokeessa saa olla mukana funktiolaskin, mutta se ei saa olla ohjelmoitava. Mukana ei saa olla kirjallisuutta tai taulukoita. Erillisellä paperilla on kaavoja ja taulukkotietoja. Muut mahdollisesti tarvittavat kaavat pitää johtaa tai muistaa. Jos jokin lukuarvo puuttuu, käytä arviota tai laske symbolein.

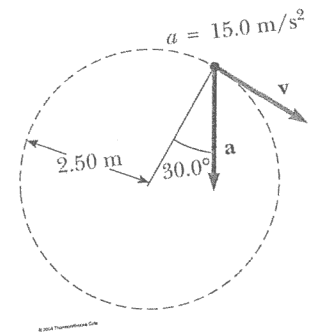
Tehtäväpaperi on kaksipuolinen. Kaikkiin kuuteen tehtävään on tarkoitus vastata.

- 1) Legopalikan massa on 5.00 g. Kun se on tasaisella pinnalla, sen saamiseksi liikkeelle tarvitaan 34.4 mN vaakasuora voima.
 - a) Kun palikkaa työnnetään vaakasuoralla voimalla 90.0 mN, sen kiihtyvyys on 13.1 m/s^2 . Sitten palikan päälle kiinnitetään toinen samanlainen. Mikä on yhdistelmän kiihtyvyys samalla voimalla?
 - b) Montako palikkaa pitää kiinnittää yhteen, jotta yhdistelmä ei lähde liikkeelle a) -kohdan voimalla?

- 2) Kappale liikkuu yksiulotteisen voiman vaikutuksen alaisena. Kappaleen potentiaalienergiafunktio U paikan r funktiona on esitetty oheisessa kuvassa. Potentiaalienergiafunktio U lähestyy arvoa $+1.0 \text{ J}$, kun r lähestyy ääretöntä. Olkoon kappaleen kokonaisenergian arvo -3.0 J .
 - a) mikä on kappaleen sidosenergia?
 - b) millä r :n arvoilla on kappaleen sallittu alue?
 - c) mikä on kappaleen maksimi kineettinen energia ja millä r :n arvolla se havaitaan?

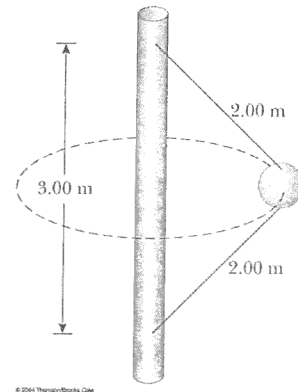


- 3) Kappale kiertää myötäpäivään ympyrärataa, jonka säde on 2.50 m. Kuvan hetkellä kappaleen kokonaiskiihtyvyyden itseisarvo on 15.0 m/s^2 . Kiihtyvyydsvektori muodostaa kuvan mukaisesti 30.0 asteen kulman ympyräradan hetkellisen säteen kanssa.
 - a) Laske kappaleen radiaali- ja tangentialikihtyvyyden arvot ja ilmoita niiden suunnat
 - b) Laske kappaleen hetkellinen ratanopeus



- 4) Kuun kiertoradan etäisyydeltä päästetään kappale levosta putoamaan kohti Maata. Mikä on kappaleen nopeus sen saavuttaessa Maan ilmakehän?

- 5) Oheisen kuvan mukaisesti 4.00 kg kappale on kiinnitetty pystysuoraan tankoon kahdella ideaalisella 2.00 m pituisella langalla, joiden kiinnityspisteiden etäisyys toisistaan on 3.00 m. Systemi pyörii tangon keskiakselin ympäri niin, että kappaleen ratanopeus on 6.00 m/s. Laske sekä ylempään että alemman langan jännitys.



- 6) Kuminauhaa venytettäessä nauha kohdistaa venyttäjään voiman, joka voidaan likimäärin kirjoittaa:

$$F = F_0 \left[\frac{l_0 + x}{l_0} - \frac{l_0^2}{(l_0 + x)^2} \right],$$

missä l_0 on nauhan venyttämätön pituus, x on venymä ja F_0 on vakio 2.0 N. Laske työ, joka tehdään, kun venyttämättömänä 8.0 cm pitkä kuminauha venytetään 11 cm mittaiseksi.

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	$3.84 \cdot 10^8 \text{ m}$

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

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

$$F = -kx \quad \vec{F} = -\frac{Gm_1m_2}{r^2} \hat{r} \quad \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad \vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} \quad \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$$

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = U(\vec{r}_A) - U(\vec{r}_B) \quad \vec{F} = -\nabla U = -\left(\frac{\partial U}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial U}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial U}{\partial z} \hat{k}\right)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{I_A}{mgl}} \quad \vec{F}' = \vec{F} - 2m(\vec{\omega} \times \vec{v}') - m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

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

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

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

$$y' = y$$

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

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

$$z' = z$$

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

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

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

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

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

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

$$\frac{dF}{dA} = \eta \frac{dv}{dz}$$

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

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

	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

