

Tehtävä 1 on pakollinen kaikille. Tehtävistä 2–5 valitse korkeintaan 3 tehtävää, joita käsittelet. Mikäli yrität kaikkia tehtäviä, niin merkitse selvästi tehtävä, jota et halua arvoستeltavan. Kokonaispistemäärä on  $4 \cdot 12 = 48$  pistettä.

1. (12p) Selitä lyhyesti tai laske ja vastaa esitettyihin kysymyksiin:

a) Laske kuvan kolmion massakeskipisteen sijainti, kun  $m=23$  g ja  $L=12$  cm. Massojen väliset sauvat ovat massattomia. Kuinka voit selvittää massakeskipisteen kokeellisesti? Selitä miksi kokeellinen menetelmä toimii. (4p)



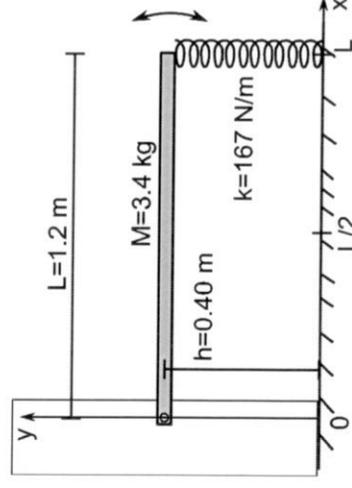
b) Yksinkertainen harmoninen värähtelijä. Mikä saa aikaan ko. värähtelijän? Piirrä  $m$  kvalitatiivisesti voima ja potentiaalienergia poikkeaman funktiona. Oletetaan lisäksi, että värähtelijän poikkeama saa suurimman arvonsa hetkellä  $t=0$ . Piirrä poikkeaman, nopeuden ja kiihtyvyyden käyttäytyminen ajan funktiona aikavälillä  $t=0 - 2T$ , missä  $T$  on värähtelijän jaksonaika. (4p)

c) Kerro omin sanoin Arkimedeen periaate. (2p)

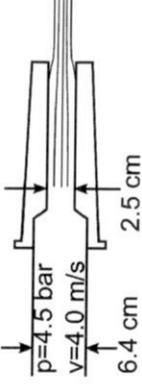
d) Mikä on desibeli(asteikko)? Etenevän aallon **amplitudi** pienenee puoleen alkuperäisestä. Voisiko laskea muutoksen desibeleissä? Jos voit, niin kuinka monta desibeliä muutos on? (2p)

2. (12p) Kaksi fyysikköä, joiden massat ovat n. 70 kg, juoksevat vastakkaisiin suuntiin, tangentiaalisesti kohti leikkipuiston karusellin vastakkaisia reunoja nopeudella 15 km/h ja hyppäävät kyytiin. Karusellin massa on 65 kg ja säde on 1.0 m. Mikä on kaverusten kehänopeus, kun he eivät enää liiku karusellin suhteen? Voit olettaa karusellin hitausmomentiksi  $MR^2/2$ . Säilyykö kineettinen energia törmäyksessä? Selitä.

3. (12p) Oheinen kuva esittää vasemmasta päästäan pyörähdykseliiniin kytkettyä tankoa, jonka hitausmomentti on  $I=ML^2/3$ . Oikea pää tangosta on kytketty jousen välityksellä maahan. Jousen lepopituus on  $l_s = 0.50$  m. Muut tarvittavat tiedot ovat kuvassa. a) Osoita, että systeemin ollessa levossa, tanko on vaakasuorassa. (~4p) b) Tankoa painamalla ja vapauttamalla se saadaan värähtelemään. Mikä on tangon kulmakiikkyvyys, kun se on kulmassa  $\theta$ ? (Vihje: muista pienen kulman approksimaatiot:  $\sin(\theta) \approx \theta$  ja  $\cos(\theta) \approx 1$ ) (~4p) c) Mikä on tangon värähtelyn taajuus? (Vihje: vertaa b-kohdan vastausta tutun jousi-massa systeemiin liikeyhtälöön.) (~4p)



4. (12p) a) Kirjoita Bernoullin yhtälö ja kerro jokaisen yhtälön termin fysikaalinen merkitys (ei tarvitse kuitenkaan johtaa). Mitä oletuksia on systeemiä tehtävä, jotta Bernoullin yhtälöä voitaisiin käyttää? (4p) b) Oheinen kuva esittää paloletkun päätä, jossa vesi virtaa oikealle. Laske paine ja virtausnopeus kohdassa, jonka halkaisija on 2.5 cm. (4p) c) Kuvan mukaan vesisuihkun halkaisija pienenee, kun vesi tulee ilmanpaineeseen. Onko tämä totta? Laske kuinka paljon halkaisija muuttuu suhteessa letkun pään halkaisijaan. (4p)



5. (12p) Sinulla on metallilankaa, joka painaa 6.2 g/m. Virität langan painon ja massattoman väkipyörän avulla 9.81 N jännitykseen, siten että värähtelevän langan pituus on 24 cm. a) Millaisilla taajuuksilla voit kuulla ääniä, kun laitat langan värähtelemään? (4p) b) Onnistut viritämään langan siten, että kuulet ääntä vain yhdellä, kolmanneksi matalimmalla mahdollisella, taajuudella. Piirrä siirtymät paikan funktiona muutamalla ajan hetkellä. Olkoon maksimi siirtymä  $a$ . (4p) c) Kirjoita  $D(x,t)$  eksplisiit-tisesti. (4p)

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad (1)$$

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \quad (2)$$

$$p_{atm} = 101.3 \text{ kPa} \quad (3)$$

$$\theta_1 = \theta_0 + \omega t + 1/2 \alpha t^2 \quad (4)$$

$$\omega_1 = \omega_0 + \alpha t$$

$$\tau_{tot} = I\alpha$$

$$x_{cm} = \frac{1}{M} \int x dm$$

$$I = \int r^2 dm$$

$$I = I_{cm} + Md^2$$

$$E = K_{rot} + K_{cm} + U_g$$

$$= 1/2 I \omega^2 + 1/2 M v_{cm}^2 + M g y_{cm}$$

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

$$\mathbf{L} = I\omega$$

$$\tau_{tot} = \frac{d\mathbf{L}}{dt}$$

$$F_{m,M} = F_{Mm} = GMm/r^2$$

$$v = \sqrt{GM/r}$$

$$T^2 = \left( \frac{4\pi^2}{GM} \right) r^3$$

$$E_{mech} = K + U_g$$

$$= K - \frac{GMm}{r}$$

$$E_{mech} = K + U_g = -1/2 U_g + U_g = 1/2 U_g \quad (17)$$

$$g_{surface} = GM/R^2 \quad (18)$$

$$v_{escape} = \sqrt{2GM/R} \quad (19)$$

$$r_{geo} = \left( \frac{GM}{4\pi^2 T^2} \right)^{1/3} \quad (20)$$

$$F = -kx \quad (21)$$

$$\omega = \sqrt{k/m} \quad (22)$$

$$\omega = \sqrt{g/L} \quad (23)$$

$$\omega = \sqrt{Mgl/I} \quad (24)$$

$$(25)$$

$$x(t) = Ae^{-bt/2m} \cos(\omega t + \phi_0) \quad (26)$$

$$E = E_0 e^{-t/\tau} \quad (27)$$

$$\tau = m/b \quad (28)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}} \quad (29)$$

$$= \sqrt{\omega_0^2 - \frac{b^2}{4m^2}} \quad (30)$$

$$f = T^{-1} = (2\pi)^{-1} \omega \quad (31)$$

$$p = p_0 + \rho g d \quad (32)$$

$$\rho = m/V \quad (33)$$

$$p = F/A \quad (34)$$

$$p_g = p - 1 \text{ atm} \quad (35)$$

$$F_B = \rho_f V_f g \quad (36)$$

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad (37)$$

$$p_1 + 1/2 \rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + 1/2 \rho v_2^2 + \rho g y_2 \quad (38)$$

$$(F/A) = Y(\Delta L/L) \quad (39)$$

$$p = -B(\Delta V/V) \quad (40)$$

$$D(x, t) = A \sin(2\pi(x/\lambda - t/T) + \phi_0)$$

$$= A \sin(kx - \omega t + \phi_0) \quad (41)$$

$$v = \sqrt{T/\mu} \quad (42)$$

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log_{10}(I/I_0), \quad I_0 = 1.0 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad (43)$$

$$f_+ = (1 - v_s/v)^{-1} f_0, \quad f_- = (1 + v_s/v)^{-1} f_0 \quad (44)$$

$$f_+ = (1 + v_0/v) f_0, \quad f_- = (1 - v_0/v) f_0 \quad (45)$$

$$A(x) = 2a \sin(kx) \quad (46)$$

$$\lambda_m = 2L/m, \quad m = 1, 2, 3, 4, \dots \quad (47)$$

$$\lambda_m = 4L/m, \quad m = 1, 3, 5, 7, \dots \quad (48)$$

$$\Delta\phi = 2\pi\Delta r/\lambda + \Delta\phi_0 = m \cdot 2\pi \quad (49)$$

$$\Delta\phi = 2\pi\Delta r/\lambda + \Delta\phi_0 = (m + 1/2) \cdot 2\pi \quad (50)$$

$$D = 2a \cos(\Delta\phi/2) \sin(kx_{ave} - \omega t + (\phi_0)_{ave}) \quad (51)$$

$$A = |2a \cos(\Delta\phi/2)| \quad (52)$$

$$f_{beat} = f_1 - f_2$$