

Fysiikka II: Mekaniikan jatko-osa (FYSP102)

Tentti Tentaattori: Jan Saren

14.1.2011

Vastaa kaikkiin tehtäviin. Tentin kokonaispistemääriä on 48 ($= 4 \cdot 12$) pistettä.

1. Selitä tai vastaa lyhyesti:

- (a) Pyörimismääriä. Keksi esimerkki pyörivästä kappaleesta, jossa pyörimismääriä säilyy, mutta hitausmomentti muuttuu. Säilyykö esimerkissä pyörimisenenergia? (2p)
- (b) Mitä vraditaan jääkän kappaleen statuisseen tasapainoon? (2p)
- (c) Miksi kappaleen putoamiskiihtyyvys ei riipu kappaleen massasta? (2p)
- (d) Kappaleeseen, jonka massa on $m = 52$ g, kohdistuva voima paikan, x , funktiona on $F(x) = (-0.10 \text{ kg/s}^2)x$. Hetkellä $t = 0$ s kappale on kohdassa $x(0 \text{ s}) = 3.0 \text{ cm}$ ja kappaleen nopeus on hetkeillisesti nolla. Minkälainen liike on kyseessä? Mikä on kappaleen paikka, $x(t)$, ajan funktioina? (4p)

(e) Dopplerin ilmio. Mikä mekanismi alheuttaa Dopplerin ilmiöön? (2p)

2. Oheinen kuvia esittää systeemiä, joka koostuu väkiyörästä ja kahdesta pumppumaisesta. $m_1 = 0.65 \text{ kg}$ ja $m_2 = 0.20 \text{ kg}$. Pumppukset ovat kiinni joustamattona ja kevyessä narussa, joka kulkee väkiyöörän yli. Väkiyöörän säde on $R = 9.0 \text{ cm}$ ja massa on $M = 1.5 \text{ kg}$ ja sen hitausmomentti on muotoa $I = 1/2 MR^2$.

- (a) Piirrä huolelliset vapaaakappalekuvat massoille ja väkiyöörälle. Merkitse voima- ja vastavaima parit. (3p)

(b) Kuinka suuren kiintymyksen pumppukset saavat ja mihin suuntaan? Mikä on narun jännitys välillä $m_1 - M$ ja välillä $m_2 - M$? Kuinka suuri on väkiyöörän kannattimien väkiyörään kohdistama tukivoima? (9p)

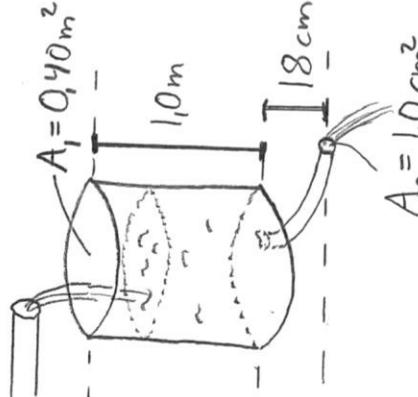
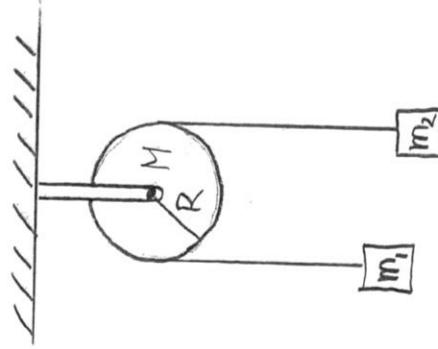
3. (a) Bernoulli laki $p_1 + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gy = \text{vakio}$ kuvaa nestevirtauksia ja se perustuu energian säilymiseen. Selitä yhtälön termien fysikaalinen alkuperä ja mainitse lyhyesti minkälaisia oletuksia nestevirtauksesta on tehtävä, jotta Bernoulli laki pätee. (4p)

(b) Suureen suoran lieiriön muotoiseen säiliöön, jonka pohjan pinta-ala on 0.40 m^2 ja korkeus on 1.0 m , johdetaan vettä vaillevalta tilavuusvirralla säiliön päältä. Säiliön pinnalla valitsee normaalilainapaine, p_{atm} . Säiliön pohjasta on johdettu poikkipinta-alaltaan 1.0 cm^2 oleva putki, jonka toinen, avoin, pää on 18 cm säiliön pohjaa alempana. Mikä on ulos virtaavan veden tilavuusvirta säiliön ollessa lähes tyhjä, puolillaan ja täysi? (6p)

(c) Mikä on vedenpinnan hetkellinen vajoamisnopeus, kun säiliö on puolilaan eikä siihen lisätä vettä? (2p)

4. Ilmassa etenevät ääniaallot ovat pitkittäästi aaltoliikkeitä, jossa ilman molekyyliit liikkuvat aallon etenemissuunnassa edestakaisin, mikä aiheuttaa paineen oskillointia paikallisesti. Soittimissa käytetään hyväksi seisovaa aaltoliikettä. Äänennopeus ilmassa on noin 340 m/s .

- (a) Mitä tarkoitaan yleisellä seisovalla aaltoliikkeen? Esitä muutamalla kuinka siirtymät muuttuvat ajan funktiona. (4p)
- (b) Miten ääni syntyy putkessa, jonka molemmat päät ovat suljetut? Havainnollista paineen ja surtymän käyttäytymistä putkessa piirrokseen avulla moodeissa $m = 1$ (normaalinlumo) ja $m = 2$ (2. harmoninen moodi). (4p)
- (c) Kuinka pitkä molemmista päästään suljetun putken on oltava, jotta toinen harmoninen moodi ($m = 2$) tuottaisi äänitää taajuudella 650 Hz ? (4p)



$$\begin{aligned} g &= 9.81 \text{ m/s}^2 & (1) \\ G &= 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 & (2) \\ p_{atm} &= 101.3 \text{ kPa} & (3) \end{aligned}$$

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

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

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

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

$$\omega_1 = \omega_0 + \alpha t \quad (5)$$

$$\tau_{tot} = I\alpha \quad (6)$$

$$x_{cm} = \frac{1}{M} \int x dm \quad (7)$$

$$I = \int r^2 dm \quad (8)$$

$$I = I_{cm} + M d^2 \quad (9)$$

$$E = K_{rot} + K_{cm} + U_g \\ = 1/2 I \omega^2 + 1/2 M v_{cm}^2 + M g y_{cm} \quad (10)$$

$$L = \mathbf{r} \times \mathbf{p} \quad (11)$$

$$L = I\omega \quad (12)$$

$$\tau_{tot} = \frac{dL}{dt} \quad (13)$$

$$F_{mM} = F_{Mm} = GMm/r^2 \quad (14)$$

$$v = \sqrt{GM/r} \quad (15)$$

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM} \right) r^3 \quad (16)$$

$$E_{mech} = K + U_g = K - \frac{GMm}{r} \quad (17)$$

$$E_{mech} = K + U_g = -1/2 U_g + U_g = 1/2 U_g \quad (18)$$

$$g_{surface} = GM/R^2 \quad (19)$$

$$v_{escape} = \sqrt{2GM/R} \quad (20)$$

$$r_{geo} = \left(\frac{GM}{4\pi^2} T^2 \right)^{1/3} \quad (21)$$

$$F = -kx \quad (22)$$

$$\omega = \sqrt{k/m} \quad (23)$$

$$\omega = \sqrt{g/L} \quad (24)$$

$$\omega = \sqrt{Mgl/I} \quad (25)$$

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

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

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

$$\omega_1 = \omega_0 + \alpha t \quad (29)$$

$$f = T^{-1} = (2\pi)^{-1}\omega \quad (30)$$

$$p = p_0 + \rho gd \quad (31)$$

$$\rho = m/V \quad (32)$$

$$p = F/A \quad (33)$$

$$p_g = p - 1 \text{ atm} \quad (34)$$

$$F_B = \rho_f V_f g \quad (35)$$

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad (36)$$

$$p_1 + 1/2 \rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + 1/2 \rho v_2^2 + \rho g y_2 \quad (37)$$

$$(F/A) = Y(\Delta L/L) \quad (38)$$

$$p = -B(\Delta V/V) \quad (39)$$

$$D(x, t) = A \sin(2\pi(x/\lambda - t/T) + \phi_0) \quad (40)$$

$$v = \sqrt{T/\mu} \quad (41)$$

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log_{10}(I/I_0), \quad I_0 = 1.0 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad (42)$$

$$f_+ = (1 - v_s/v)^{-1} f_0, \quad f_- = (1 + v_s/v)^{-1} f_0 \quad (43)$$

$$f_+ = (1 + v_0/v) f_0, \quad f_- = (1 - v_0/v) f_0 \quad (44)$$

$$A(x) = 2a \sin(kx) \quad (45)$$

$$\lambda_m = 2L/m, \quad m = 1, 2, 3, 4, \dots \quad (46)$$

$$\lambda_m = 4L/m, \quad m = 1, 3, 5, 7, \dots \quad (47)$$

$$\Delta\phi = 2\pi\Delta r/\lambda + \Delta\phi_0 = m \cdot 2\pi \quad (48)$$

$$\Delta\phi = 2\pi\Delta r/\lambda + \Delta\phi_0 = (m + 1/2) \cdot 2\pi \quad (49)$$

$$D = 2a \cos(\Delta\phi/2) \sin(kx_{ave} - \omega t + (\phi_0)_{ave}) \quad (50)$$

$$A = |2a \cos(\Delta\phi/2)| \quad (51)$$

$$f_{beat} = f_1 - f_2 \quad (52)$$