

HRVATSKO FIZIKALNO DRUŠTVO
Državno povjerenstvo za fiziku
Bijenička 32, Zagreb

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 1999. - 1. Grupa
Kaštel Gomilica, 12.-15. svibnja 1999.

Zadatak 1 (20 bodova)

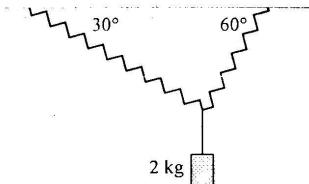
U posudi kvadratnog oblika u kojoj se nalazi voda, pliva manja posuda mase 22 g, također kvadratnog oblika i stjenke zanemarivih dimenzija. U manjoj posudi nalazi se kocka stranice 4 cm načinjena od titana. Za koliko se promijeni nivo vode ako se kocka premjesti iz manje posude na dno veće posude? Dno veće posude je kvadrat stranice 20 cm, a omjer gustoća titana i vode iznosi 4.5.

Zadatak 2 (17 bodova)

Sistem od utega i dvije opruge obješenih o strop nalazi se u ravnoteži, u Zemljinom gravitacionom polju (vidi sliku).

- i) Kako se odnose vrijednosti konstante opruga, ako je nagib jedne u odnosu na strop 30° , a druge 60° ?
- ii) Koliku silu prenose opruge ako je masa utega jednaka 2 kg?

Mase opruga, kao i njihove duljine u neopterećenom stanju su zanemarive.



Zadatak 3 (16 bodova)

Uredaj koji svakih Δt sekundi emitira kratak ton, montiran je na automobil. Ako se automobil giba jednolikom brzinom prema opažaču, nadite:

- i) izraz za omjer $\Delta t'/\Delta t$ u ovisnosti o brzini automobila i brzini zvuka, gdje je s $\Delta t'$ označeno vrijeme između dva (kratka) tona koje čuje opažač.
- ii) iznos omjera $\Delta t'/\Delta t$ ako brzina automobila iznosi 5% brzine zvuka.

Zadatak 4 (17 bodova)

Na kuglicu A koja se giba brzinom 5 m/s nalijeće kuglica B pod kutem od 75° (u odnosu na smjer brzine kuglice A). Nakon savršeno elastičnog sudara kuglica B se zaustavi, a kuglica A se nastavi gibati pod kutom od 30° u odnosu na njen početni smjer. Koliki je omjer masa kuglica?

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE "99. - 1. grupa
Eksperimentalni zadatak

ODREĐIVANJE BROJA OKRETAJA

Pribor:

uredaj s kuglicom
trokut

Zadatak:

- | | |
|--|-----------|
| a) odredite broj okretaja kuglice | 15 bodova |
| b) odredite broj okretaja rotora elektromotora | 15 bodova |

Ukupno 1. eksperimentalni zadatak: 30 bodova

Rezultati zadatka 1. grupe (1999.)
(državno natjecanje)

Zadatak 1 (20 bodova)

Nadimo najprije promjenu visine vode nastalu od stavljanja manje posude, zajedno s utegom, u veću posudu. Ako s h_0 (h_1) označimo visinu vode prije (poslije) stavljanja manje posude s utegom, možemo pisati:

$$S_0 h_1 = S_0 h_0 + S_1 \Delta x$$

Ovdje smo s S_0 (S_1) označili površinu dna veće (manje) posude, a s Δx visinu manje posude koja se nalazi ispod površine vode.

S druge strane, iz Arhimedovog zakona slijedi:

$$S_1 \Delta x \rho_v g = (M_1 + M_n) g$$

(M_1 - masa manje posude, M_n - masa kocke od titana, ρ_v - gustoća vode).

Uvrštavanjem u prvu jednadžbu, dobivamo:

$$h_1 - h_0 = \frac{M_1 + M_n}{S_0 \rho_v}$$

Potpuno analogno dobivamo i razliku visina-sa i bez-prazne manje posude – dovoljno je u gornji izraz staviti $M_n \rightarrow 0$:

$$M_1 / S_0 \rho_v$$

Tome još valja dodati razliku u visini vode Δh , zbog utega na dnu posude:

$$S_0 \Delta h = V_n$$

(V_n - volumen kocke). Prema tome, razlika visina vode sa i bez prazne posude, te s utegom na dnu, jednaka je:

$$h_2 - h_0 = \frac{M_1}{S_0 \rho_v} + \frac{V_n}{S_0}$$

Odavde dobivamo traženu razliku $h_1 - h_2$:

$$h_1 - h_2 = (h_1 - h_0) - (h_2 - h_0) = \frac{M_n}{S_0 \rho_v} - \frac{V_n}{S_0} = \frac{V_n}{S_0} \left(\frac{\rho_n}{\rho_v} - 1 \right)$$

(ρ_n - gustoća titana). Uvrštavanjem slijedi:

$$h_1 - h_2 = 0.56 \text{ cm}$$

Zadatak 2 (17 bodova)

Iz činjenice da su kutovi trokuta jednaki 30° i 60° , nalazimo omjer duljina opruga:

$$\Delta l = l_0 \cdot \sqrt{3}/2, \Delta l' = l_0/2 \Rightarrow \Delta l = \Delta l' \sqrt{3}$$

gdje je Δl ($\Delta l'$) duljina opruge koja zatvara kut 30° (60°), a l_0 udaljenost hvatišta opruga na stropu.

Vodoravne komponente sile se moraju poništiti, pa iz dijagrama sile nalazimo:

$$k \Delta l \cdot \sqrt{3}/2 = k' \Delta l'/2$$

Uvrštavanjem slijedi traženi omjer konstanti opruga:

$$k \Delta l' \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}/2 = k' \Delta l'/2 \Rightarrow k'/k = 3$$

Zbroj okomitih komponenti sile mora biti jednak težini utega:

$$k \Delta l/2 + k' \Delta l' \cdot \sqrt{3}/2 = mg$$

Pomoću gornjih omjera možemo naći:

$$k'\Delta l' = 3k \cdot \Delta l / \sqrt{3} = k\Delta l \sqrt{3}$$

Slijedi:

$$k\Delta l / 2 + k\Delta l \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} / 2 = mg \Rightarrow k\Delta l = mg / 2 \quad \text{i} \quad k'\Delta l' = mg \cdot \sqrt{3} / 2$$

Uvrštavanjem ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$):

$$k\Delta l = 9.81 \text{ N} \quad \text{i} \quad k'\Delta l' = 16.99 \text{ N}$$

Zadatak 3 (16 bodova)

Uzmimo da u $t = 0$ uređaj (na automobilu) emitira kratak ton. Vrijeme kada će taj ton doći do opažača na udaljenosti L iznosi (v_0 - brzina zvuka):

$$t = L/v_0$$

Nakon Δt , uređaj emitira drugi ton. Vrijeme kada će drugi ton doći do opažača iznosi:

$$t' = (L - v\Delta t)/v_0 + \Delta t$$

Ovdje smo uzeli u obzir da se uređaj giba brzinom v , te se shodno tome približio opažaču za iznos $v\Delta t$ za vrijeme Δt . Slijedi traženi izraz:

$$\Delta t' = t' - t = \Delta t(1 - v/v_0) \Rightarrow \Delta t'/\Delta t = 1 - v/v_0$$

Uvrštavanjem:

$$\Delta t'/\Delta t = 0.95 = 95\%$$

Zadatak 4 (17 bodova)

Promotrimo sudar u sustavu zarotiranom za 30° , tako da smjer brzine kuglice A nakon sudara bude u smjeru x -osi. Zakon očuvanja impulsa i energije tada daje:

$$x: \quad m_A v_A \frac{\sqrt{3}}{2} + m_B v_B \frac{\sqrt{2}}{2} = m_A v'_A,$$

$$y: \quad m_A v_A \frac{1}{2} - m_B v_B \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,$$

$$\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} m_A v'^2_A,$$

Iz druge jednadžbe možemo izraziti v_A , te uvrstiti u preostale dvije. Dobije se:

$$m_B v_B \sqrt{2} \frac{\sqrt{3}}{2} + m_B v_B \frac{\sqrt{2}}{2} = m_B v_B \left(\sqrt{\frac{3}{2}} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = m_A v'_A$$

$$\frac{1}{m_A} \cdot 2m_B^2 v_B^2 + m_B v_B^2 = m_B v_B^2 \left(\frac{2m_B}{m_A} + 1 \right) = m_A v'^2_A$$

Kvadriranjem prvog izraza i usporednjom s drugim slijedi:

$$\frac{m_B}{m_A} (2 + \sqrt{3}) = 2 \frac{m_B}{m_A} + 1$$

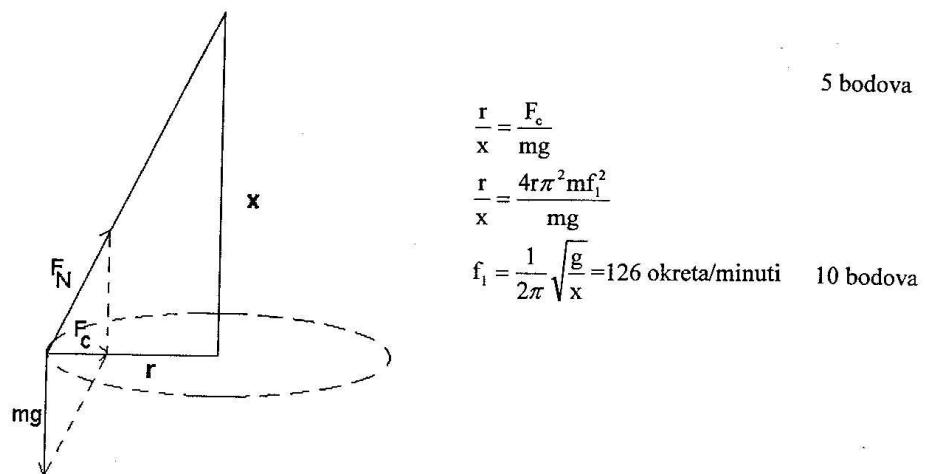
Rješavanjem jednadžbe dobivamo traženi omjer maša:

$$\frac{m_B}{m_A} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.57735$$

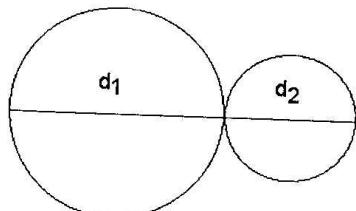
DN-1999.
Rješenje eksperimentalnog zadatka 1. grupe

ODREĐIVANJE BROJA OKRETAJA

a) broj okretaja kuglice



b) broj okretaja rotora elektromotora



5 bodova

$$v_1 = v_2$$

$$d_1 \pi f_1 = d_2 \pi f_2, \quad d_1 = 87 \text{ mm} \quad d_2 = 4 \text{ mm}$$

$$f_2 = \frac{d_1}{d_2} f_1 = 2700 \text{ okreta/minuti} \quad 10 \text{ bodova}$$