

Državno natjecanje iz fizike, 2022.

Rješenja i smjernice za bodovanje – 3. skupina

Zadatak 1 (19 bodova)

Razmatramo sile na njihalo sastavljeno od kugle i šipke koje pomaknemo za kut φ izvan ravnoteže:

$$F_{el} = -ky \sin \varphi$$

$$F_m = mg$$

$$F_M = Mg$$

Prva sila djeluje horizontalno, druge dvije okomito.

(3 boda)

Da bismo dobili jednadžbu gibanja koristimo izraz za kuteve:

$$I\alpha = M$$

Momenti danih sila su:

(3 boda)

$$M_{el} = F_{el}y \cos \varphi = -ky^2 \sin \varphi \cdot \cos \varphi$$

$$M_m = -mg \frac{L}{2} \sin \varphi$$

$$M_M = -MgL \sin \varphi$$

Pozitivan smjer momenata je "izvan" papira, tj. pozitivan smjer rasta kuta φ . (2 boda)

Sada uvrštavamo sve momente i koristimo aproksimacije malih kuteva: $\sin \varphi \approx \varphi$, $\cos \varphi = 1$. Izraz je: (3 boda)

$$I\alpha = -ky^2\varphi - \frac{L}{2}mg\varphi - LMg\varphi$$
$$\alpha = - \left(\frac{ky^2 + \frac{L}{2}mg + LMg}{I} \right) \varphi$$

Zadnji izraz prepoznamo kao jednadžbu njihala s kutnom frekvencijom: (2 boda)

$$\omega^2 = \frac{ky^2 + \frac{L}{2}mg + LMg}{I}$$

Moment inercije sustava je:

(2 boda)

$$I = \frac{1}{3}mL^2 + ML^2$$

Izraz za period je tada:

(2 boda)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{3}mL^2 + ML^2}{\frac{L}{2}mg + LMg + ky^2}}$$

Period u slučaju pojednostavljenja $M \rightarrow 0$, $k \rightarrow 0$ pišemo:

(2 boda)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2L}{3g}}$$

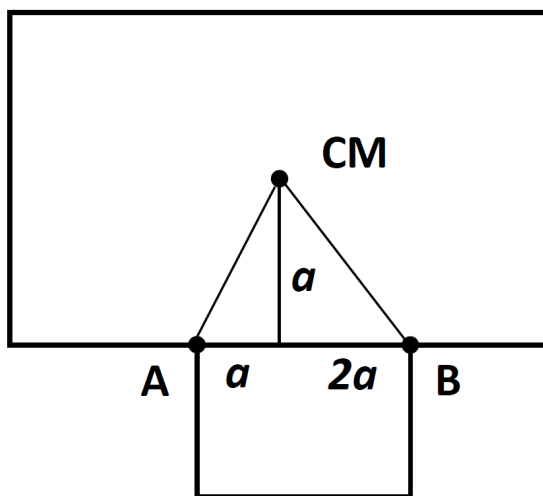
Zadatak 2 (18 bodova)

- Obje kugle postižu istu brzinu prilikom pada: $v = \sqrt{2gh}$. (3 boda)
- Velika kugla se sudara s tlom elastično i njena brzina mijenja smjer iz dolje prema gore. (4 boda)
- S obzirom da je masa velike kugle puno veća, velika kugla ne mijenja značajno svoju brzinu. (3 boda)
- Mala kugla, iz perspektive velike kugle, putuje brzinom $2v$ prema njoj, a nakon sudara brzina joj promijeni smjer. (3 boda)
- Ukupno, konačna brzina male kugle je $3v$. (3 boda)
- Visina na koju kugla dođe je: (2 boda)

$$H = \frac{v^2}{2g} = 9h$$

Zadatak 3 (17 bodova)

- Za ravnotežu tereta bitno je promatrati trokut A-B-CM kojeg čine centar mase i rubovi hvatišta gornjeg paketa. Centar mase se nalazi u sredini paketa, s obzirom da je paket uniformne gustoće. (2 boda)
- Pri akceleraciji, mijenja se smjer i iznos sile kojom uteg pritišće podlogu. Ako je vektor sile unutar trokuta, teret je stabilan. (4 boda)



- Iz sličnosti trokuta možemo usporediti kolika mora biti sila akceleracije da bi vektor težine prešao rubove A i B: (4 boda)

$$a = g ; a = -2g$$

- Ovdje je pozitivan smjer akceleracije za akceleracije “prema naprijed” u odnosu na saonice. Međutim, moramo provjeriti i u kojem trenutku statičko trenje postaje jednako sili akceleracije: (4 boda)

$$a = \pm 1.5g$$

- Stoga, raspon akceleracija u kojima je teret stabilan jednak je: $a \in [-1.5g, g]$. (3 boda)

Zadatak 4 (16 boda)

Spuštanjem razine tekućine prostor ispunjen zrakom se povećava. Taj prostor rezonira frekvencijom glazbene viljuške. **(2 boda)**

Iz grafa očitavamo da do rezonancije dolazi u trenutku $t = 4, 12, 20$ s. Izračunajmo koliki je stupac zraka (L) u tim vremenima: **(3 boda)**

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{\Delta V}{A \Delta t} = 20.37 \text{ mm/s}$$

Duljine su:

$$L_4 = 81.48$$

$$L_{12} = 244.44$$

$$L_{20} = 407.4$$

Primjetimo također da je razmak među rezonancijama upravo $\Delta t = 8$ s, osim u prvom slučaju kada iznosi $\Delta t = 4$ s. **(2 boda)**

Promotrimo sad svirala sa zatvorenim i otvorenim krajem. Znamo koje su moguće valne duljine njihovih stojnih valova. Za sviralo zatvoreno na jednom kraju:

$$L = (2n - 1) \frac{\lambda}{4}$$

Uvrstimo li $\lambda = \frac{c}{f}$ gdje je c brzina zvuka a f frekvencija, imamo:

$$L = (2n - 1) \frac{c}{4f}$$

Slično, za otvorena svirala dobijemo:

$$L = n \frac{c}{2f}$$

Sada možemo usporediti niz, koristeći kraticu $L_0 = \frac{c}{4f}$. Za zatvorena:

$$L = L_0, 3L_0, 5L_0$$

Za otvorena:

$$L = 2L_0, 4L_0, 6L_0$$

Usporedimo li ovaj niz sa nizom u tikvici, vidimo da odgovara prvom slučaju – površina vode djeluje kao čvrsti kraj svirale. **(4 boda)**

Iz ovih podataka možemo naći i osnovnu frekvenciju viljuške: **(3 boda)**

$$\frac{c}{4f} = L_4 \Rightarrow f = \frac{c}{4L_4}$$

Frekvencija je: $f = 1028$ Hz. **(2 boda)**