

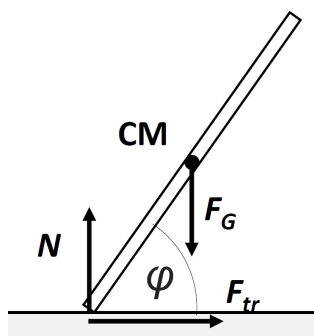
Državno natjecanje iz fizike, Poreč, 10.-13. travnja 2019.

Rješenja i smjernice za bodovanje – 3. skupina

Zadatak 1 (18 bodova)

a) Na stablo u padu djeluju:

- 1) Gravitacijska sila (1 bod)
- 2) sila reakcije podloge (1 bod)
- 3) sila trenja koja drži donji kraj na mjestu (3 boda)



(3 boda)

b) Zbog kompleksnosti jednačbi gibanja, odgovor tražimo iz zakona očuvanja energije. Energija koju stablo ima prije padanja jednaka je gravitacijsko potencijalnoj energiji stabla kojem je položaj centra mase na pola visine, što vrijedi za homogeni štap:

$$E = \frac{1}{2}mgH$$

(3 boda)

Gledamo gibanje stabla oko donje točke koja miruje. Tik pred udar o tlo stablo ima kinetičku rotacijsku energiju

$$E = \frac{1}{2}I_0\omega^2$$

(2 boda)

Pritom koristimo izraz za moment inercije oko donje točke stabla. Izjednačavanjem tih energija dobijemo:

$$\frac{1}{2}mgH = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3}mH^2\omega^2$$

Možemo izraziti nepoznatu kutnu brzinu:

$$\omega = \sqrt{\frac{3g}{H}}$$

Vrh stabla je na udaljenosti H od centra rotacije, pa je njegova linearna brzina $v = H\omega$. Stoga je konačni izraz:

$$v = \sqrt{3gH}$$

(3 boda)

Izvrjednavanjem dobijemo vrijednost $v = 27.1$ m/s.

(2 boda)

Zadatak 2 (18 bodova)

Kako automobil ubrzava tako mu se povećava brzina. Budući da se automobil udaljava od promatrača, frekvencija koju čuje zbog doplerovog efekta je sve niža. Ako automobil u nekom trenutku ide brzinom v od promatrača, frekvencija je snižena za

$$f = f_0 \frac{v_Z}{v_Z + v}$$

(3 boda)

No, zvuku koji automobil proizvede kada je udaljen od promatrača za D će trebati vrijeme $t_Z = v_Z D$ da stigne do promatrača. Zvuk automobila kojeg promatrač čuje nije jednak frekvenciji koju automobil odašilje u tom trenutku, već u trenutku prije! (5 bodova)

Automobil krene u trenutku $t = 0$ i u trenutku τ ispusti zvuk kojemu treba vrijeme D/v_Z da dođe do promatrača. Vrijedi $\tau + D/v_Z = T = 5$ s. Udaljenost $D = \frac{1}{2}a\tau^2$. Rješavamo za τ :

$$\frac{a}{2v_Z}\tau^2 + \tau = T \Rightarrow \tau = \frac{v_Z}{a} \left(\sqrt{1 + \frac{2Ta}{v_Z}} - 1 \right)$$

(5 bodova)

U to vrijeme brzina automobila je $v_\tau = a\tau$, pa je frekvencija koju promatrač čuje:

$$f = f_0 \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2Ta}{v_Z}}}$$

(3 boda)

$$f = 1\,239 \text{ Hz.}$$

(2 boda)

Zadatak 3 (16 bodova)

Vanjske sile ne djeluju na čamac, pa je centar mase sustava stacionaran. (3 boda)

Postavimo čamac tako da mu je stražnji dio na koordinati $x = 0$ a prednji na $x = L = 5$ m. Neka je tada centar mase čamca na koordinati x_B , čovjek na koordinati $x_c = L$ i ovca na $x_o = 0$. Centar mase sustava je tada:

$$x_{CM} = \frac{m_c x_c + m_B x_B + m_o x_o}{m_B + m_c + m_o} = \frac{m_c L + m_B x_B}{M_{uk}}$$

(3 boda)

Kada se ovca i čovjek preraspodjele pretpostavimo da se čamac pomakne u pozitivnom smjeru osi za u , tako da je u sada koordinata stražnjeg dijela čamca. Položaj čovjeka je tada u , položaj centra mase čamca na $x_B + u$, a položaj ovce $L + u$. Pišemo:

$$x_{CM} = \frac{m_c u + m_B (x_B + u) + m_o (L + u)}{M_{uk}}$$

Izjednačavanjem tih dviju jednadžbi, uz pokrate dobijemo:

$$u = \frac{m_c - m_o}{M_{uk}} L = 0.588 \text{ m}$$

(6 bodova)

Pozitivni predznak pomaka u označava da se čamac pomaknuo u desno, kao što je i pretpostavljeno. Primjećujemo da se položaj centra mase čamca, x_B pokratio u jednadžbama pa zaključujemo da nikako ne utječe na rezultat. (4 boda)

Zadatak 4 (18 bodova)

Put koji prijeđe zraka koja od prizme ide horizontalno je $l_A = 2D_A$, gdje je D_A udaljenost zrcala. Druga zraka prijeđe put $l_B = 2D_B$. Vrijednosti D_A i D_B su takve da zrake potpuno destruktivno interferiraju.

Razlika udaljenosti je $l_A - l_B = (2n - 1)\frac{\lambda}{2}$.

(5 bodova)

Možemo napisati jednadžbu oba vala u točki kada se ponovno susretnu:

$$\begin{aligned}y_A &= y_0 \sin(kx - \omega t) \\ y_B &= y_0 \sin(kx - \omega t - k(2n - 1)\lambda/2)\end{aligned}$$

gdje val B ima kraći put za pola valne duljine. Raspisom vala B , korištenjem $k = 2\pi/\lambda$ i korištenjem identiteta za sinus zbroja i razlike:

$$\begin{aligned}y_B &= y_0 \sin(kx - \omega t - (2n - 1)\pi) = \\ &= y_0 \sin(kx - \omega t) \cos((2n - 1)\pi) - y_0 \cos(kx - \omega t) \sin((2n - 1)\pi) = \\ &= -y_0 \sin(kx - \omega t)\end{aligned}$$

Interferencijom dva vala očito je da dobijemo potpunu destruktivnu interferenciju.

Kada prođe gravitacijski val, bez narušenja općenitosti uzimamo da se A krak povećao a B smanjio: $D'_A = D_A + u$, $D'_B = D_B - u$.

(3 boda)

Napišemo li dva vala koji interferiraju:

$$\begin{aligned}y_A &= y_0 \sin(kx - \omega t + ku) = \\ &= y_0 \sin(kx - \omega t) \cos(ku) + y_0 \cos(kx - \omega t) \sin(ku) \\ y_B &= y_0 \sin(kx - \omega t - (2n - 1)\pi - ku) = \\ &= y_0 \sin(kx - \omega t - ku) \cos((2n - 1)\pi) - y_0 \cos(kx - \omega t - ku) \sin((2n - 1)\pi) = \\ &= -y_0 \sin(kx - \omega t) \cos(ku) + y_0 \cos(kx - \omega t) \sin(ku)\end{aligned}$$

i zbrojimo:

$$y_{A+B} = 2y_0 \sin(ku) \cos(kx - \omega t)$$

Vidimo da je amplituda ovog vala $A = 2y_0 \sin(ku)$.

(5 bodova)

Maksimum amplitude je $A = 2y_0 = A_{max}$. Za $A = 1\% A_{max}$ slijedi

$$\sin(ku) = 0.01$$

Vrijedi $ku = 0.01$, tj:

$$\frac{2\pi}{\lambda}u = 0.01 \Rightarrow u = \frac{0.01}{2\pi}\lambda = 1.69 \text{ nm}$$

(5 bodova)