DRŽAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Mali Lošinj, 13.-16. svibnja 2004.

Srednje škole – 3. grupa

Zadatak 1. (18 bodova)

Obožavaš slušati KING-FM, koji emitira na frekvenciji 94.1 MHz. S druge strane, ni za živu glavu ne možeš slušati muziku koju puštaju na KONG-FM radiju, koji emitira na frekvenciji 94.0 MHz. Živiš na jednakoj udaljenosti od obje radio stanice i oba odašiljača su jednake snage. Tvoja želja je konstruirati *L-R-C* strujni krug sa sljedećim svojstvima:

a) maksimalna snaga se apsorbira u krugu za signal od KING-FM- radija;
b) prosječna snaga koja se apsorbira u otporniku kao odgovor na signal od KONG-FM radija, jednaka je 1% prosječne snage koja dolazi kao odgovor na signal od KING-FM radija.
   Time se ograničava snaga koja se dobiva od neželjene stanice, i na taj način njen signal postaje nečujan.

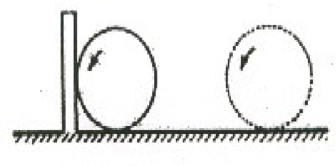
Kod kuće imaš zavojnicu induktiviteta $L = 1\ \mu H$. Odredi kapacitet kondenzatora C i otpor otpornika R koje moraš kupiti da bi ispunio navedene uvjete.

Zadatak 2. (18 bodova)

Kutija mase $m_1 = 25$ g prikvačena je na oprugu zanemarive mase čija je konstanta $k = 15.3$ Nm^{-1}. Masa $m = 50$ g ispuštena je s visine $h = 9$ cm u kutiju koja miruje i s njom se sudara neelastično. Kolika je minimalna visina koju postiže masa m ispod svoje početne visine?

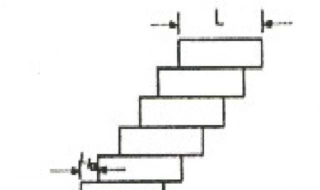
Zadatak 3. (18 bodova)

Kotač, polumjera r, rotira stalnom kutnom brzinom ω po podu i nailazi na vertikalan zid. Koeficijent trenja između kotača i poda, te kotača i zida, je μ. Izračunaj koliko će okreta kotač napraviti od trenutka kada dotakne zid pa do potpunog smirivanja.



Zadatak 4. (16 bodova)

Homogena opeka duljine L postavljena je na glatku horizontalnu podlogu. Preostale iste opeke poslagane su kao na slici, tako da sa strane sve opeke čine jednu ravninu, ali rub svake opeke prelazi rub prethodne za duljinu L/a, gdje je a cijeli broj. Koliko opeka možemo složiti na ovaj način prije nego što se gomila sruši?

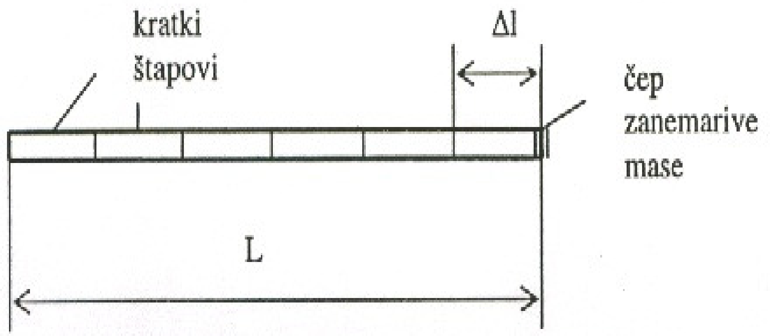


DRŽAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
Mali Lošinj, 13.-16. svibnja 2004.

Srednje škole – 3. grupa – eksperimentalni zadatak

Određivanje momenta inercije (homogenog i nehomogenog štapa)

Pribor :-cijev (homogena) poznate duljine L (0.6 m) i mase m_0 (0.033 kg)
-6 kratkih štapova poznate mase Δm (0.061 kg) i duljine Δl (0.1 m)
-stalak s priborom
-zaporni sat
-mjerna traka ili ravnalo



Zadatak:

1. Eksperimentalno utvrditi ovisnost momenta inercije I o masi štapa……(15 bodova)
2. Rezultate prikazati tablično i grafički u I-m grafu……..(3 boda)
3. Usporediti i komentirati dobivene eksperimentalne rezultate s teorijskim za slijedeće slučajeve:
   a) bez dodatnih štapova (samo cijev)…..(3 boda)
   b) s jednim dodatnim štapom…………(6 bodova)
   c) sa šest dodatnih štapova……………(3 boda)

<u>ukupno 30 bodova</u>

* za g uzeti 10 m/s^2

DRŽAVNI SUSRET I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA

Mali Lošinj, 13.-16. svibnja 2004.

Srednje škole – 3. grupa - rješenja

Zadatak 1. (18 bodova)

Rezonantna frekvencija traženog kruga mora biti 94.1 MHz i iz tog podatka se jednostavno određuje tražena vrijednost C: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow C = \frac{1}{L \cdot \omega_0^2}$ (5 bodova)

Dakle, $C = 2.8635 \times 10^{-12}$ F=2.8635 pF. (2 boda)

Apsorbirana snaga u L-R-C strujnom krugu dana je izrazom $P = V \cdot I \cdot \cos\phi = \frac{V^2 R}{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$, gdje su V i I prosječne vrijednosti napona i struje u krugu, a ϕ je fazni pomak među njima. (3 boda)

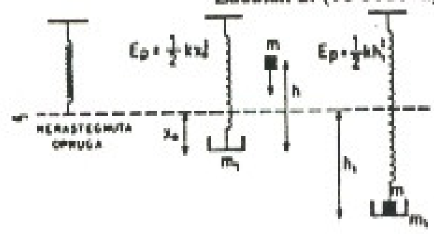
Sada možemo pisati

$$\frac{P_{94.1}}{P_{94.0}} = \frac{\frac{V^2}{R}}{\frac{V^2 R}{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = \frac{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}{R^2} = 100 \qquad \text{(5 bodova)}$$

($\omega = 2 \cdot \pi \cdot 94 \times 10^6 = 5.9 \times 10^8$ rad/s)

Time dolazimo do jednadžbe $99 R^2 = 3.6227$, čije rješenje je $R = 0.1913\,\Omega$ (3 boda)

Zadatak 2. (18 bodova)



(2 boda)

Nakon sudara zakon održanja impulsa daje nam brzinu v_1 gibanja kutije s masom m (m se prije sudara giba brzinom $v = \sqrt{2gh}$):

$$m v = (m + m_1) v_1 \Rightarrow v_1 = \frac{m\sqrt{2gh}}{m + m_1} \text{ (3 boda)}$$

Neposredno nakon sudara sustav ima energiju:

$$\frac{1}{2}(m + m_1)v_1^2 + (m + m_1) g (h_1 - x_0) + \frac{1}{2}kx_0^2, \quad \text{(3 boda)}$$

x_0 je amplituda kojom kutija rasteže oprugu, a h_1 amplituda kojom oprugu rastežu kutija i masa m.

$$m_1 g = k x_0 \Rightarrow x_0 = \frac{m_1 g}{k} = 1.6 \text{ cm. (1 bod)}$$

Kad kutija s masom stigne u najnižu točku (nultu razinu gravitacijske potencijalne energije) sustav ima samo potencijalnu energiju opruge: $\frac{1}{2}k h_1$.

Zakon očuvanja energije daje:

$$\frac{1}{2}k\,h_1=\frac{1}{2}(m+m_1)v_1^2+(m+m_1)g\,(h_1-x_0)+\frac{1}{2}kx_0^2$$

$$h_1^2=\frac{2g\,h\,m^2}{k\,(m+m_1)}+\frac{2(m+m_1)g\,h_1}{k}+x_0^2-\frac{2(m+m_1)g\,x_0}{k}$$ (3 boda)

Nakon sređivanja i rješavanja po h_1 dobiva se:

$$(h_1)_{1,2}=x_0+\frac{m\,g}{k}\pm\sqrt{\frac{mg}{k}\left[\frac{mg}{k}+\frac{2m\,h}{m+m_1}\right]}.$$ (2 boda)

Dobili smo dvije amplitude za h_1, jednu manju (prema gore), a drugu veću (prema dolje). Član ispred kvadratnog korijena zapravo je novi ravnotežni položaj (ispod položaja nerastegnute opruge) i iznosi $\frac{(m+m_1)g}{k}$. Amplituda prema dolje iznosi:

$$(h_1)_1=\frac{(m+m_1)\,g}{k}+\sqrt{\frac{mg}{k}\left[\frac{mg}{k}+\frac{2m\,h}{m+m_1}\right]}=$$

$$=4.8\,\text{cm}+7\,\text{cm}=11.8\,\text{cm},$$

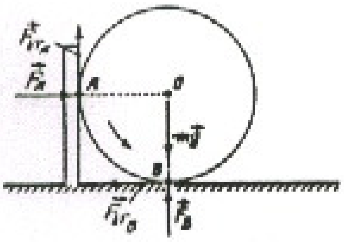
a amplituda titranja prema gore:

$$(h_1)_2=4.8\,\text{cm}-7\,\text{cm}=-2.2\,\text{cm}.$$ (1 bod)

Iz slike je očito da se najniža točka putanje nalazi na:

$d=h_1-x_0+h=11.8\,\text{cm}-1.6\,\text{cm}+9\,\text{cm}=19.2\,\text{cm}.$ (3 boda)

Zadatak 3. (18 bodova)



(4 boda)

Uzimajući u obzir pravce i smjerove otpora oslonaca A i B, tj. sila $\vec{F}_A$ i $\vec{F}_B$, uvjet ravnoteže može se napisati:

$F_B+F_{tr_A}-mg=0,\quad F_A-F_{tr_B}=0$

pri čemu je $F_{tr_A}=\mu F_A,\quad F_{tr_B}=\mu F_B$, odnosno, (4 boda)

$$F_{tr_A}=mg\,\frac{\mu^2}{1+\mu^2},\;F_{tr_B}=mg\,\frac{\mu}{1+\mu^2}.$$ (2 bod)

Moment sile trenja, koji usporava kotač, je $M=r\left(F_{tr_A}+F_{tr_B}\right)$. (2 boda)

Budući da se pri kočenju njegova kinetička energija rotacije $E_k=\frac{1}{2}I\omega^2$ troši na vršenje rada $A=M\theta$, proizlazi:

$$\theta=\frac{I\omega^2}{2M}=\frac{mr^2\omega^2}{4M}=\frac{mr^2\omega^2}{4r\left(mg\,\frac{\mu^2}{1+\mu^2}+mg\,\frac{\mu^2}{1+\mu^2}\right)}.$$ (4 boda)

Dakle, $N=\frac{1}{2\pi}\frac{\omega^2 r\left(1+\mu^2\right)}{4\mu g\,(1+\mu)}=\frac{\omega^2 r\left(1+\mu^2\right)}{8\pi\mu g\,(1+\mu)}.$ (2 boda)

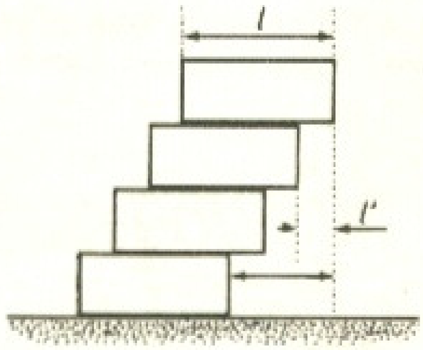
Zadatak 4

Vidi republičko 88-A-3

Sličan zadatak zadatku 4.

l = 25 cm, h = 10 cm

Opeke so v ravnovesju, če je težišče zgornjih treh opek za manj kot $l/2$ oddaljeno od sredine spodnje opeke. Ležati sme kvečjemu nad robom spodnje opeke, sicer se zgornje tri opeke prevrnejo. Koordinata težišča zgornjih treh opek je:



$$x_0^* = (ml' + 2ml' + 3ml')/(3m) = 2l',$$

torej mora biti $2l' = l/2$ ali $l' = l/4 = 25/4$ cm. Desni rob zgornje opeke mora biti od desnega roba spodnje opeke oddaljen največ $3l' = 18{,}7$cm.