DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2002 – 3. grupa

Zadatak 1 (10 bodova)

Niz kosinu se kotrlja cijev mase m, vanjskog promjera $2r$ i nepoznate debljine stijenke. Moment tromosti cijevi oko njene osi simetrije je I. Linijsko ubrzanje osi cijevi je a. Odredite kut nagiba kosine.

Zadatak 2 (15 bodova)

Zatvorena svirala daje osnovni ton frekvencije f_1. Od svirale se otpili dio duljine l tako da se dobiva otvorena svirala koja daje osnovni ton frekvencije f_2.

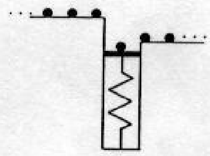
a) Odredite brzinu zvuka.

b) Koja relacija povezuje f_1 i f_2?

Zadatak 3 (20 bodova)

Jedan kraj opruge je nepomičan, a na drugi kraj je postavljeno tijelo određene mase, koje može kliziti po horizontalnoj podlozi bez trenja. Duljina nenapregnute opruge je l_0. Krajevi opruga električki se izoliraju tako da to ne mijenja elastična svojstva opruge. Na izolirani dio svakog kraja pričvrsti se po jedan točkasti naboj zanemarive mase. Naboji su istog predznaka i iznosa. Zbog postavljanja naboja duljina opruge se poveća za $l_0/3$. Frekvencija malih titraja mase, prije postavljanja naboja na oprugu, iznosi f. Kolika je frekvencija malih titraja mase s nabojima postavljenim na oprugu? Napomena: za $x \ll 1$ vrijedi $(1+x)^n \approx 1+nx$.

Zadatak 4 (25 bodova)



Podloga se sastoji od dva horizontalna dijela, visinske razlike h, koja su razdvojena žlijebom širine d. Rubovi žlijeba su vertikalni i međusobno paralelni. U žlijebu se nalazi horizontalna ploča širine d i mase m. Ploča je oprugom nepoznate konstante elastičnosti učvršćena za dno žlijeba i titra stalnom amplitudom. Amplituda je manja od udaljenosti položaja statičke ravnoteže prazne ploče od dna žlijeba. Po podlozi se jednoliko i pravocrtno, brzinom v okomitom na rub žlijeba, uz zanemarivo trenje, kližu kugle. Razmak između susjednih kugli s isti je za sve kugle. Kugle s jednog dijela podloge prelaze na ploču, a zatim na drugi dio podloge. Pritom su stalno u kontaktu bilo s podlogom, bilo s pločom. Brzine kugli ne mijenjaju smjer. Mase kugli su zanemarive u odnosu na masu ploče. Polumjeri kugli su zanemarivi u odnosu na h, d i s.

a) Koliko se kugli može nalaziti na ploči u nekom trenutku?

b) Kolika je konstanta elastičnosti opruge?

c) Za dane h, d, v i s koja je najmanja amplituda za koju je moguće opisano gibanje kugli?

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2002. - 3. grupa
Eksperimentalni zadatak

ODREĐIVANJE MOMENTA TROMOSTI

Pribor:

tijelo nepravilnog oblika
spiralna opruga
uteg pravilnog oblika nepoznate mase, m
kuglica
nit duljine oko 1 m
menzura s vodom
stalak s držačima
mjerna traka (ravnalo)

Zadatak:

Odredi isključivo zadanim priborom najmanji moment tromosti tijela nepravilnog oblika.

a) Objasni fizikalne osnove rješenja zadatka (10 bodova)
b) Izvedi potrebne relacije za izvršenje zadatka (10 bodova)
c) Izvrši potrebna mjerenja koristeći isključivo zadani pribor (6 bodova)
d) Odredi (izračunaj) najmanji moment tromosti, provesti osnovni račun pogreške (odredi samo srednju vrijednost) (4 bodova)

Ukupno 3. eksperimentalni zadatak: 30 bodova

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2002. – 3. grupa
RJEŠENJA ZADATAKA

1. zadatak (10 bodova)

Moment tromosti cijevi oko dirališta s podlogom je $I+mr^2$. [3]
Na cijev mase m i vanjskog polumjera r djeluje moment sile iznosa $mgr\sin\alpha$, [3]
zbog kojeg os cijevi rotira kutnom akceleracijom a/r. [2]
Iz Newtonove jednadžbe gibanja za rotaciju je $\underline{\sin\alpha=(a/g)[1+I/(mr^2)]}$. [2]

2. zadatak (15 bodova)

Ako je l_0 duljina zatvorene svirale, vrijedi $f_1=v/(4l_0)$. [4]
Za dobivenu otvorenu sviralu vrijedi $f_2=v/[2(l_0-l)]$. [4]
a) Razrješavanjem napisanih izraza slijedi $\underline{v=4f_1f_2l/(f_2-2f_1)}$. [4]
b) Iz pozitivnosti brzine slijedi relacija $\underline{f_2>2f_1}$. [3]

3. zadatak (20 bodova)

Neka je l_0 duljina nenapregnute opruge, k njena konstanta elastičnosti, a Q iznos jednog od naboja. Opruga je u stanju mirovanja razmaknuta na duljinu l_0+x_0 pri kojoj su uravnotežene odbojna elektrostatska i privlačna elastična sila, tj. $Q^2/[4\pi\varepsilon_0\,(l_0+x_0)^2]=kx_0$. [3]
Neka je x dodatni pomak opruge prilikom titranja oko ravnotežnog položaja s pripadnom akceleracijom a. Vrijedi $ma=-k(x_0+x)+Q^2/[4\pi\varepsilon_0\,(l_0+x_0+x)^2]$. [4]
Za male je titraje $x \ll l_0+x_0$, tj.
$(l_0+x_0+x)^{-2}=(l_0+x_0)^{-2}\,[1+x/(l_0+x_0)]^{-2}\approx(l_0+x_0)^{-2}\,[1-2x/(l_0+x_0)]$. [5]
Kombiniranjem prethodnih relacija slijedi $ma=-kx(3x_0+l_0)/(x_0+l_0)=-3kx/2$, [4]
zbog $x_0=l_0/3$. Polazna frekvencija $f=(2\pi)^{-1}(k/m)^{1/2}$ se mijenja u $\underline{f'=(3/2)^{1/2}f}$. [4]

4. zadatak (25 bodova)

a) Na ploči je $\underline{N}$, ili $\underline{N+1}$ kugli, gdje je N najveći cijeli broj koji nije veći od d/s. [2]
b) Kugla koja je n-ta u nizu (n=0, 1, ...) nailazi na ploču u trenutku $t_{1,n}=ns/v$, a napušta je u trenutku $t_{2,n}=ns/v+d/v$. Za n=0, 1, ..., ploča je u $t_{1,n}$ i $t_{2,n}$ u ravnini s odgovarajućim dijelom podloge. [4]
Razdoblje između nailaska dvije susjedne kugle na ploču je višekratnik perioda titranja ploče $T=1/f$, tj. $s/v=pT$, za prirodni broj p, pa je $f=pv/s$. Zaključno je $\underline{k=(2\pi f)^2m}$. [2]
c) Ako je u dnu žlijeba ishodište vertikalne osi y orijentirane prema vrhu žlijeba, položaj ploče je $y(t)=y_0+a\sin(2\pi ft+\varphi)$, gdje je faza φ određena početkom gibanja. [3]
Dakle, $h=y(t_{1,m})-y(t_{2,n})=2a\cos[\pi f(t_{1,m}+t_{2,n})+\varphi]\sin[\pi f(t_{1,m}-t_{2,n})]$, [4]
odnosno $a=h/[2\cdot\cos(p\pi d/s+\varphi)\cdot\sin(p\pi d/s)]$, [5]
zbog $\cos(q\pi)=(-1)^q$, za cijeli broj q, uz uvjet da je a konačno. Amplituda je najmanja kad je izraz u nazivniku najveći, što je ispunjeno kad funkcija kosinus postiže maksimum, tj. $\cos(p\pi d/s+\varphi)=1$, čime su određene moguće faze φ. Zaključno je $\underline{a\geq h/[2\cdot\sin(2\pi pd/s)]}$, [4]
uz uvjet na p; $\underline{\sin(2\pi pd/s)>0}$. [1]

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE 2002. - 3. grupa
Rješenje eksperimentalnog zadataka

ODREĐIVANJE KARAKTERISTIKE TITRAJNOG SUSTAVA

a) 1. Moment tromosti može se odrediti iz izraza za titranje fizikalnog njihala;

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}} \Rightarrow I=\frac{mgdT^2}{4\pi^2} \qquad (1)$$

2. Nepoznatu masu (m) fizikalnog njihala može se odrediti pomoću spiralne opruge, odnosno iz produljenja opruge koje uzrokuje težina (mg).

$$mg = kx \Rightarrow m=\frac{kx}{g} \qquad (2)$$

3. Konstantu elastičnosti opruge (k) odrediti pomoću utega nepoznate mase (m_u) čaše s vodom. Treba odrediti produljenje opruge s utegom u zraku (x_1) i produljenje kada je uteg uronjen u vodu (x_2).
4. Težište fizikalnog njihala odrediti pomoću kuglice na niti (visak), a udaljenost od objesišta do težišta izmjeriti ravnalom (d).
5. Vrijeme titranja fizikalnog njihala (T) odrediti tako da se njihanje kuglice na niti dovede u rezonanciju s fizikalnim njihalom.
Tada je;

$$T_m=2\pi\sqrt{\frac{l_m}{g}}=T \qquad (3)$$

Najmanji moment tromosti I_o odredi se pomoću Steinerovog poučka

$$I = I_o + md^2 \Rightarrow I_o = I - md^2 \qquad (4)$$

(10 bodova)

b) Određivanje konstante elestičnosti (k)

$kx_1 = m_u g = \rho_u V g$

$kx_2 = m_u g - \rho_{vode} V g$

$k(x_1 - x_2) = \rho_{vode} V g \Rightarrow k = \rho_{vode} V g/(x_1 - x_2)$ (10 bodova)

c) Izvršiti mjerenja: x_1, x_2, Volumena utega (V), masu (m) fizikalnog njihala, Vrijeme titranja fizikalnog njihala (T), udaljenost od objesišta do težišta izmjeriti ravnalom (d). (6 bodova)

d) Izračunati najmanji moment tromosti I_o;

$$I_o=\frac{mgdT^2}{4\pi^2} - md^2 \qquad \text{(4 boda)}$$