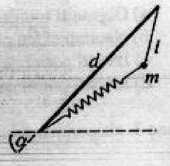
Državno natjecanje iz fizike 2001. – 3. grupa

1. zadatak (15 bodova)

Ravninski zvučni val, koji se širi kroz kroz zrak brzinom v_Z, nailazi na cijev duljine l, tako da mu je valna fronta okomita na os cijevi. Stijenka cijevi je tanka i izrađena od akustički neprolaznog materijala, a njena unutrašnjost je ispunjena takvim materijalom da je brzina zvuka u cijevi v_M. Uz koji uvjet postoji točka u cijevi u koju komponente vala koje su iz zraka prešle u cijev s različitih krajeva cijevi stižu s jednakom fazom. Odredite položaj te točke. Zanemarite prigušenja valova.

2. zadatak (15 bodova)

Tijelo mase m pričvršćeno je za krajeve štapa duljine d. Za jedan kraj je pričvršćeno nerastezljivim konopcem duljine $l<d$, a za drugi oprugom zanemarive duljine u neopterećenom stanju. Konstanta elastičnosti opruge je k. Štap se nalazi u vertikalnoj ravnini, zakrenut za kut α u odnosu na horizontalnu os. Odredite udaljenost tijela od štapa.

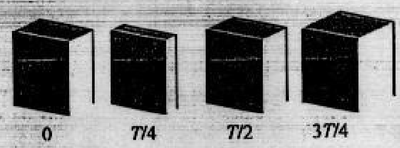


3. zadatak (20 bodova)

Kruto tijelo mase m, oblika kvadra visine h giba se bez trenja po ravnoj podlozi prema nepomičnom, krutom valjku jednake mase, polumjera R. Tijelo se sudara elastično s valjkom cijelim jednim bridom. Sve translacijske brzine su okomite na os simetrije valjka. Između tijela i valjka nema proklizavanja. Ako je brzina tijela v najmanja brzina za koju tijelo prolazi ispod valjka, postavite jednadžbu u kojoj je ona jedina nepoznanica.

4. zadatak (20 bodova)

Piezoelektrični materijali se sabiju, ili produlje ako se između njihovih ploha uspostavi razlika potencijala. S druge strane, ako ih se mehanički optereti, na njihovim plohama dolazi do nakupljanja naboja. Pritom se polaritet naboja mijenja ovisno o tome da li ih se tlači, ili razvlači.



U ovom zadatku, promatra se piezoelektrični uzorak, izrađen od dielektričnog materijala u obliku uspravnog kvadra. Na dvije nasuprotne plohe postavljene su elektrode, na slici crno prikazane. Duljina stranice kvadra u smjeru okomitom na ravninu elektroda znatno je manja od duljina ostalih stranica. Elektrode su spojene na izvor izmjenične struje. Oblik titranja do kojeg pritom dolazi, u kojemu je debljina uzorka harmonijska funkcija vremena, prikazan je u nekoliko karakterističnih trenutaka na slici. Radi preglednosti je amplituda titranja znatno uvećana. Dok titra, uzorak se lagano zagrijava. Prikažite uzorak i elektrode kao elemente strujnog kruga u obliku ekvivalentne sheme na kojoj se pojavljuju zavojnice, kondenzatori i otpornike.

Eksperimentalni zadatak - 3. grupa

"VRAŽJA PETLJA"

Pribor:

- **žlijeb savinut u petlju**
- **čelična kuglica**
- **stegač i podloška**
- **zaporni sat**

Zadatak: Odrediti minimalnu visinu s koje će kuglica savladati petlju (koristiti samo zadani pribor)

a) Objasniti teorijsku osnovu za rješavanje zadatka	**5 bodova**
b) Nacrtati skicu pokusa i označiti karakteristične veličine	**3 boda**
c) Izvesti potrebne izraze za određivanje potrebnih veličina	**14 bodova**
d) Izvršiti potrebna mjerenja i odrediti minimalnu visinu	**8 bodova**

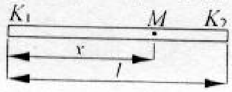
Ukupno 3. eksperimentalni zadatak:	**30 bodova**

Potrebno je izvršiti više mjerenja da se izbjegne gruba pogrečka, ali nije potrebno provesti račun pogreške!

Državno natjecanje iz fizike 2001. – 3. grupa
Rješenja zadataka

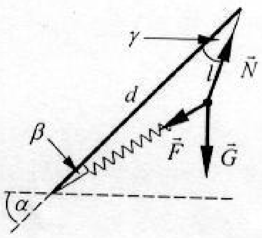
1. zadatak (15 bodova)

Od kraja K_1 do mikrofona M jedan dio vala dolazi izravno, a drugi preko kraja K_2, [4]
pa je njihova fazna razlika $\Delta = f\{x/v_M - [l/v_Z + (l-x)/v_M]\}$. [5]
Uvjet $\Delta=0$ daje $x = l(1 + v_M / v_Z)/2$. [3]
Zbog $x<l$, $\Delta=0$ je moguće ostvariti za $v_M<v_Z$. [3]



2. zadatak (15 bodova)

Uvjeti statičke ravnoteže za horizontalnu i vertikalnu os su:
$F\cos(\alpha-\beta)=N\cos(\alpha+\gamma)$, $G+F\sin(\alpha-\beta)=N\sin(\alpha+\gamma)$ [4]
odakle slijedi $F=G\cos(\alpha+\gamma)/\sin(\beta+\gamma)$. [1]
Ako je a duljina opruge, vrijedi $F=ka$. [2]
Ujedno je $s=a\sin\beta=l\sin\gamma$. [1]
Kombiniranjem prethodnih relacija dobiva se
$l\sin(\beta+\gamma)/\sin\beta=G\cos(\alpha+\gamma)/(k\sin\gamma)$. [1]
Primjenom sinusnog teorema slijedi $l\sin(\beta+\gamma)/\sin\beta=d$. [2]
Zadnje dvije relacije daju $\cos(\alpha+\gamma)/\sin\gamma=kd/G$, [1]
tj. $\mathrm{ctg}\gamma=(\sin\alpha+kd/G)/\cos\alpha$. [2]
Naposljetku je $s=l\sin\gamma=l\cos\alpha[1+(kd/G)^2+2(kd\sin\alpha)/G]^{-1/2}$. [1]

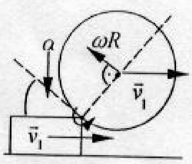


3. zadatak (20 bodova)

Za najmanju brzinu tijela v valjak se ne odvaja od tijela. [1]
Zakon sačuvanja energije daje: $mv^2/2=(m+M)v_1^2/2+I_P\omega^2/2$, (J1) [3]
za trenutke netom prije i poslije udara, gdje je ω kutna brzina rotacije valjka oko točke udara P, uz moment tromosti $I_P=I_0+MR^2=3MR^2/2$. [1]
Zakon sačuvanja impulsa daje: $m(v-v_1)=Mv_T+I_0\omega/(R-h)$, (J2) [5]
gdje je v_T ukupna brzina translacije težišta valjka: $v_T^2=v_1^2+\omega^2R^2-2v_1\omega R\cos\alpha$. (J3) [5]
Za trenutak udara vrijedi $\cos\alpha=(R-h)/R$. Prema uvjetu zadatka je $I_P\omega^2/2=Mgh$. (J4) [3]
Pomoću (J4) se isključi ω, pomoću (J2) v_T, a pomoću (J1) v_1, pa (J3) postaje

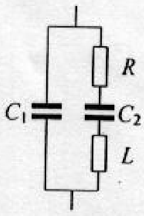
$$\left[x\sqrt{2}-\sqrt{x^2-1}-\sqrt{1/3}/(1-y)\right]^2=4y(2-y)/3+\left[\sqrt{x^2-1}-2(1-y)/\sqrt{3}\right]^2, \quad [2]$$

uz $x=v(2gh)^{-1/2}$ i $y=h/R$.



4. zadatak (20 bodova)

Elektrode i uzorak su dvije paralelno spojene grane strujnog kruga. [4]
Metalne elektrode djeluju kao kondenzator stalnog kapaciteta. [4]
Zagrijavanjem se troši energija, što je svojstvo otpornika. [4]
Zbog mase uzorka dolazi do pojave inercijskih sila protivljenja promjeni stanja, što je analogno protivljenju promjeni struje zbog postojanja idealne zavojnice u strujnom krugu. [4]
Kad je najviše naboja prikupljeno na plohama, debljina uzorka se najviše razlikuje od ravnotežne. Tada su elastične sile najveće. One uzrokuju daljnje titranje, pa se taj utjecaj opisuje kondenzatorom. [4]



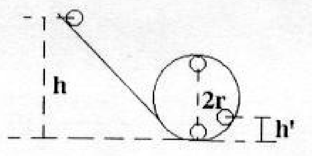
DN-2001-9.

Rješenje eksperimentalnog zadatka 3. grupe

"VRAŽJA PETLJA"

a) Zadatak se može riješiti primjenom zakona za matematičko njihalo, rotaciju, kružno gibanje i zakona očuvanja energije. (5 bodova)

b)



(3 boda)

c) U gornjoj točki petlje mora biti zadovoljen uvjet,

$$F_{cp} = mg$$

$$\frac{mv_k^2}{r} = mg \quad \Rightarrow \quad v_k = \sqrt{rg} \qquad (1)$$

Kuglica se s visine h kotrlja pri čemu potencijalna energija prelazi u kinetičku energiju translacije i rotacije.

$$E_{pot} = E_{tran} + E_{rot}$$

$$mgh = \frac{mv_k^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} \qquad (2),$$

$$I = \frac{2}{5} m r_k^2, \qquad \omega = \frac{v_k}{r_k}$$

Uvrstimo li izraze za moment inercije kugle, I, i kutnu brzinu kuglice, ω, u relaciju (2), nakon sređivanja relacije (2) dobivamo,

$$v_k = \sqrt{\frac{10}{7} gh} \qquad (3)$$

U gornjoj točki petlje kuglica mora imati minimalnu brzinu $v_k = \sqrt{rg}$, tako da uvrštavanjem (1) u zakon očuvanja energije (4) kada je kuglica u najvišoj točki petlje

$$mgh = \frac{mv_k^2}{2} + mg2r \qquad (4)$$

dobivamo za h,

$$h = \frac{27}{10} r = 2,7\,r \qquad (5)$$

Radijus zakrivljenosti petlje može se odrediti iz perioda titranja kuglice u petlji. Period titranja (njihanja) kuglice u petlji bio bi jednak periodu matematičkog njihala, duljine niti l kada bi se kuglica gibala samo translatorno. Budući kuglica vrši istovremeno i rotaciju (kotrljanje) postiže u najnižoj točki (položaj ravnoteže) brzinu danu relacijom (3), samo se visina h zamjeni sa h' (vidi sliku),

$$v_k = \sqrt{\frac{10}{7} gh'} \qquad (6)$$

U istoj točki matematičko njihalo ima brzinu v_m,

$$v_m = \sqrt{2gh'} \qquad (7).$$

Za jednake elongacije matematičkog njihala i kuglicevrijedi odnos,

$$v_m T_m = v_k T_k, \text{ gdje je } T_m = 2\pi\sqrt{r/g}$$

Uvrštavanjem (6), (7) i izraza za T_m u gornju jednadžbu možemo izraziti radijus petlje r pomoću T_k, a zatim taj izraz uvrstiti u relaciju (5) dobivamo da je minimalna visina h,

$$h = 2{,}7\,\frac{5T_k^2 g}{28\pi^2} \qquad \text{(14 bodova)}$$

d) Za određivanje minimalne visine potrebno je samo zapornim satom izmjeriti period njihanja kuglice u petlji T_k. (8 bodova).