Državno natjecanje iz fizike, 19. - 20. studeni 2020.
Zadaci – 3. skupina

Zadatak 1 (16 bodova)

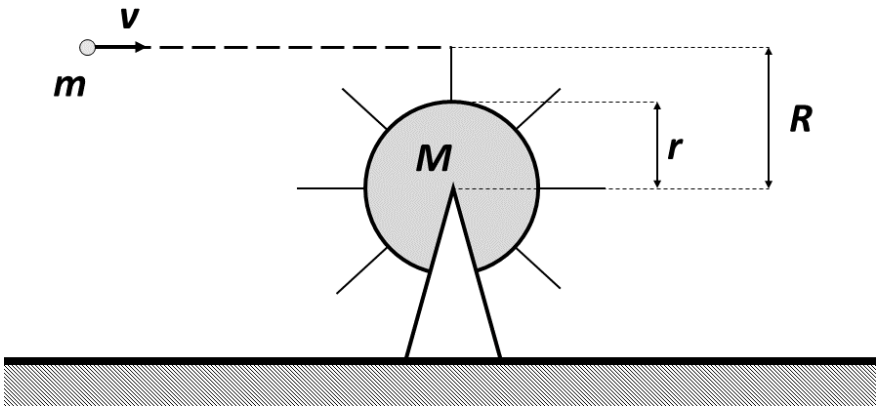
Električni krug sastoji se od pločastog kondenzatora i zavojnice zanemarivog otpora žice. Krug oscilira kružnom frekvencijom ω_0, tako da je ukupna energija sustava E_0. Kondenzator se nalazi u zraku. Međusobno udaljavamo ploče kondenzatora, čime se frekvencija strujnog kruga promijeni za η puta ($\eta > 1$). Ploče se pomiču jako polagano, a rezultat toga je da se maksimalni naboj na ploči kondenzatora ne mijenja za vrijeme trajanja pomicanja.

a) Da li se frekvencija poveća ili smanji?

b) Za koji faktor se povečala udaljenost među pločama?

b) Nađi je li rad utrošen ili dobiven udaljavanjem ploča kondenzatora, te ga izrazi preko vrijednosti u tekstu.

Zadatak 2 (18 bodova)



Mala Monika se dosađuje za vrijeme trajanja izolacije uzrokovane koronom, pa pronalazi razne načine zabave. Jedan od omiljenih je gađanje kotača s lopaticama, kao na slici, s komadićima glinamola. Kotač se zbog toga počinje rotirati na svom ležaju. Monika pogađa svaku lopaticu kotača na približno isto mjesto, koje je udaljeno za $R = 0.3$ m od osi vrtnje. Brzina komadića glinamola je $v = 5$ m/s, a masa je $m = 0.1$ g. Glinamol se pri udaru zalijepi za lopaticu i ostaje na njoj, no masa mu je zanemariva u odnosu na masu kotača u računu. Kotač s lopaticama svu svoju masu $M = 1$ kg ima koncentriranu u samom kotaču radijusa $r = 0.2$ m. Moment inercije kotača jednak je momentu inercije punog valjka.

a) Ako krenemo iz mirovanja, napiši kutnu brzinu kotača ω_n koju kotač ima nakon n udara glinamola.

b) Monika se nada zarotirati kotač tako da mu kružna brzina bude 1 okretaj u sekundi. Koliko puta ga mora pogoditi s glinamolom?

b) Nađi maksimalnu kutnu brzinu kotača ω_{max} u okretajima u sekundi, koju Monika može postići.

Zadatak 3 (18 bodova)

Tri valjka pustimo istovremeno s vrha kosine nagiba $\alpha = 30°$. Valjci na kosini prođu put od $l = 10$ m. Sva tri valjka imaju istu masu. Valjak A je puni homogeni valjak radijusa $R = 0.2$ m; Valjak B je šuplji valjak sa cijelom masom na rubu radijusa R. Valjak C je homogeni valjak radijusa $2R$.

a) Skiciraj sile na valjak na kosini.
b) Poredaj valjke od onog koji prvi prođe zadani put do zadnjeg.
c) Kolika će brzina biti svakom valjku na dnu kosine?

Zadatak 4 (18 bodova)

Bakrena šipka duljine $l = 2$ m stegnuta je na sredini. Broj prirodnih frekvencija šipke u rasponu od $f = 20$ do $f = 50$ kHz je $N = 13$. Nađi gornju i donju granicu za brzinu zvuka u bakru. Ako bismo htjeli poboljšati preciznost određivanja brzine zvuka, treba li nam duža ili kraća šipka? Što bismo još mogli promijeniti u eksperimentalnom postavu da poboljšamo preciznost?

VAŽNO: Tijekom ispita ne smijete imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule...). Za pisanje koristite kemijsku olovku ili nalivpero. Pri ruci ne smijete imati mobitele ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.

Državno natjecanje iz fizike, 19. - 20. studeni 2020.
Rješenja i smjernice za bodovanje – 3. skupina

Zadatak 1 (16 bodova)

a) Udaljavanjem ploča kondenzatora smanjuje mu se kapacitet, po relaciji:

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{x}$$

(2 boda)

gdje je x udaljenost među pločama a S površina ploča. Frekvencija je u strujnom krugu dana relacijom:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

(2 boda)

pa se smanjivanjem kapaciteta kondenzatora povećava frekvencija strujnog kruga: $\omega_1 = \eta\omega_0$. **(1 bod)**

b) Novi kapacitet kondenzatora može se izraziti preko nove frekvencije strujnog kruga:

$$C_1 = \frac{1}{L\omega_1^2} = \frac{1}{\eta^2 L\omega_0^2} = \frac{1}{\eta^2} C_0$$

Iz te relacije možemo izraziti pomak ploča kondenzatora:

$$\varepsilon_0 \frac{S}{x_1} = \frac{1}{\eta^2}\, \varepsilon_0 \frac{S}{x_0}$$

Nova udaljenost među pločama je veća za faktor η^2 od početne. **(4 boda)**

c) Energija u oscilatornom strujnom krugu se nalazi u kondenzatoru i zavojnici. Radi jednostavnosti, možemo ukupnu energiju izraziti kao maksimalnu energiju na kondenzatoru:

$$E_0 = \frac{1}{2}\, \frac{Q_{max}^2}{C_0}$$

(4 boda)

S obzirom da se maksimalni naboj ne mijenja na kondenzatoru, jedina promjena dolazi od promjene kapaciteta, pa je ukupna energija u novom sustavu:

$$E_1 = \frac{1}{2}\, \frac{Q_{max}^2}{C_1} = \eta^2 E_0$$

Utrošeni rad jednak je razlici konačne i početne energije, te iznosi:

$$W = E_1 - E_0 = \left(\eta^2 - 1\right) E_0$$

(3 boda)

Zadatak 2 (18 bodova)

Moment inercije za puni cilindar dan je s

$$I = \frac{1}{2}Mr^2$$

a) Udarom glinamola o lopaticu prenosi se kutna količina gibanja na kotač. Kutna količina gibanja ovisi o izboru ishodišta, a mi biramo ishodište na osi rotacije kotača. Komadić glinamola s obzirom na ishodište ima kutnu količinu gibanja koja u trenutku udara o kotač iznosi $L_g = Rmv$. **(3 boda)**

Iz zakona očuvanja kutne količine gibanja:

$$Rmv = I\omega_1$$

Direktno možemo pisati:

$$\omega_1 = \frac{mR}{2Mr^2}v$$

Za udar druge kuglice, kotač se već rotira. Pišemo:

$$Rmv + I\omega_1 = 2Rmv = I\omega_2$$

Vidimo da je povećanje kutne količine gibanja jednako Rmv za svaki udar. Općenito, dakle, izraz za brzinu rotacije kotača nakon n-tog udara je:

$$\omega_n = \frac{2nRmv}{Mr^2}$$

(4 boda)

b) Da bi brzina kotača odgovarala jednom okretaju u sekundi, moramo imati kutnu brzinu $\omega = 2\pi$ rad/s. **(2 boda)**
Iz toga možemo naći broj udara:

$$n = \frac{Mr^2\omega_n}{2Rmv}$$

(3 boda)

Rezultat je $n = 837.76$, tj. nešto više od 837 puta.

c) Maksimalna brzina koju kotač može dobiti dobije se kada je brzina lopatice kotača jednaka brzini glinamola. Tada se glinamol neće sudariti s lopaticom, već će proći pored nje. **(2 boda)**

Kutna brzina koja odgovara brzini lopatice od $v = 5$ m/s na udaljenosti R je:

$$\omega_{max} = \frac{v}{R} = 16.67 \text{ rad/s}$$

(3 boda)

Preračunato u okretaje u sekundi, radi se o $\omega = 2.65$ o/s. **(1 bod)**

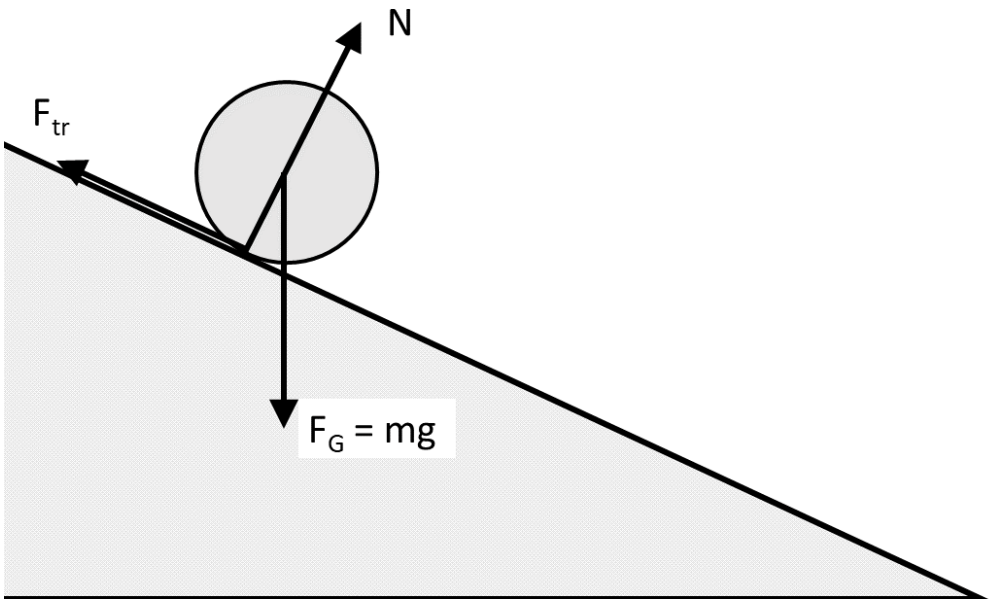
Zadatak 3 (18 bodova)

Valjak se kotrlja niz kosinu. Sva tri valjka imaju iste mase, ali različit moment inercije:

$$I_A = \frac{1}{2}mR^2 \; ; \; I_B = mR^2 \; ; \; I_C = 2mR^2$$

(2 boda)

a) Tri su sile na valjak na kosini: gravitacijska sila, sila trenja i sila otpora podloge. Gravitacijska sila ima hvatište u centru mase valjka, dok druge dvije sile imaju hvatište u dodirnoj točki valjka s podlogom. **(4 boda)**



b) Napišemo li jednadžbu gibanja za valjak na kosini u smjeru gibanja:

$$ma = mg\sin\alpha - F_{tr}$$

Povežemo li silu trenja s kotrljanjem valjka

$$I\alpha = RF_{tr}$$

te izrazimo li kutnu akceleraciju preko translacijske (valjak ne proklizava):

$$\alpha = \frac{a}{R}$$

Uvrštavanjem ove dvije relacije u prvu pišemo:

$$ma = mg\sin\alpha - \frac{I}{R^2}a$$

Možemo izraziti akceleraciju valjka:

$$a = \frac{g\sin\alpha}{1 + \frac{I}{mR^2}}$$

Iz jednadžbe je očito da će tijela s većim momentom inercije sporije ubrzavati niz kosinu. Redosljed dolaska na dno kosine je dakle A, B, C.
Drugi način da se dođe do ovog podatka je opisom. Moment inercije se opire rotacijskom gibanju, pa će tijelo s većim momentom inercije sporije ubrzavati svoju rotaciju, a time i gibanje niz kosinu. Za detaljni i jasan opis daju se svi bodovi. **(3 boda)**

c) Ako smo riješili jednadžbu gibanja i dobili izraz za akceleraciju, lagano ćemo naći brzinu na dnu kosine, preko formule

$$v = \sqrt{2al}$$

Drugi, jednostavniji način, bez jednadžbe gibanja, je promatrajući energiju valjka. Na vrhu kosine valjak ima gravitacijsko potencijalnu energiju koju na dnu kosine svu pretvori u kinetičku energiju translacije i kotrljanja:

$$mgl\sin\alpha = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

(3 boda)

Izrazimo kutnu brzinu preko translacijske $\omega = v/R$ te napišimo jednadžbu po brzini v:

$$v = \sqrt{\frac{2gl\sin\alpha}{1+\frac{I}{mR^2}}}$$

(3 boda)

Ovaj izraz je identičan izrazu preko jednadžbe gibanja. Rješenje za brzinu, uz poznate vrijednosti je:

$$v_A = 8.09\text{m/s}, \quad v_B = 7.00\text{m/s}, \quad v_C = 5.72\text{m/s}.$$

(3 boda)

Zadatak 4 (18 bodova)

Bakrena šipka stegnuta je na sredini, što znači da u sredini postoji čvor stojnog vala. Rubovi šipke se ponašaju kao slobodni krajevi. Moguće valne duljine stojnog vala dane su rubnim uvjetom:

$$l = \frac{2n+1}{2}\lambda\ ;\ n = 0, 1, 2, ...$$

(3 boda)

Relacija između frekvencije i valne duljine je: $f = c/\lambda$. Moguće frenvekcije titranja su dakle:

$$f = (2n+1)\frac{c}{2l}\ ;\ n = 0, 1, 2, ...$$

Dakle, dozvoljene frekvencije titranja šipke su redom: $f = \frac{c}{2l}, 3\frac{c}{2l}, 5\frac{c}{2l}$,... Drugim riječima, udaljenost među frekvencijama je konstantna, i iznosi:

$$\Delta f = \frac{c}{l}$$

Znamo da je $f_n > 20$ kHz, za neki n, i da ukupno ima $N = 13$ frekvencija, tj. znamo i $f_{n+12} < 50$ kHz. **(3 boda)**

Možemo napisati tri nejednadžbe:

$$\begin{aligned} f_{min} &> 20\text{kHz} \\ f_{max} = f_{min} + 12\Delta f &< 50\text{kHz} \\ f_{max+1} = f_{min} + 13\Delta f &> 50\text{kHz} \end{aligned}$$

(4 boda)

Oduzimanjem prve od druge dobijemo:

$$12\Delta f = 12\frac{c}{l} < 30\text{kHz}$$

tj. $c < 5000$ m/s. Oduzimanjem prve od treće dobijemo:

$$13\Delta f = 13\frac{c}{l} > 30\text{kHz}$$

tj. $c > 4615$ m/s.

Dakle rješenje je

$$4615 < c(m/s) < 5000$$

(2 boda)

Pravi rezultat za bakar je $c = 4760$.

Preciznost mjerenja ovisi o veličini s kojom mjerimo. U ovom postavu mjerimo brzinu zvuka uspoređujući razmak prirodnih frekvencija, Δf. Stoga, smanjivanjem te vrijednosti možemo povećati preciznost – treba nam duža šipka. **(3 boda)**

Drugi način mjerenja, kojim bi efektivno povećali duljinu šipke je da je uhvatimo na jednom kraju. Efekt toga je kao da smo povećali duljinu šipke za 2! **(3 boda)**

Greška u rješenju trećeg zadatka u trećoj skupini

25/11/2020

U rješenju je navedeno da će redosljed stizanja valjaka biti A-B-C, što nije točno. Budući da je valjak C veći od druga dva, time se mijenja njegovo ponašanje.

Točan odgovor je da će redosljed stizanja biti A i C – B, gdje će A i C stići u isto vrijeme, a B nakon njih.

Nadalje, na kraju rješenja dani su iznosi brzine u tom trenutku. Iznosi za A i B su točni, dok je iznos za C kriv i treba iznositi kao i za A (8.09 m/s).

Napomena: svi testovi su ispravljeni uzimajući u obzir ispravna rješenja.

Ispravak rješenja četvrtog zadatka u trećoj skupini

29/11/2020

U 4. zadatku je krivo postavljena i rješena nejednadžba.

Naime, oduzimanje jedne od druge nejednadžbe nije dobro definirano matematički te se mora izbjegavati.

Zbrajanje nejednadžbi istog oblika je pak dozvoljeno.
Zato su prve dvije nejednadžbe i njihov rezultat točne:

1) f_min > 20 kHz
2) f_min + 12df < 50 kHz 1) * (-1) => -f_min < -20 kHz
2) f_min + 12 df < 50 kHz
Sada možemo zbrojiti nejednadžbe i dobijemo:
12 df < 30 kHz

Za drugi izraz moramo uzeti u obzir još dvije nejednadžbe koju možemo izraziti iz zadatka:
1) f_min-1 < 20 kHz 2) f_max+1 > 50 kHz => f_min + 13df > 50 kHz
1)*(-1)+ 2) => 14 df > 30 kHz

Zbog toga izraz 13df > 30 kHz moramo zamijeniti izrazom 14 df > 30 kHz. Donja granica dakle postaje: 4286 umjesto 4615.

Svi testovi bodovani su u skladu s ispravnim rješenjem.

Državno natjecanje iz fizike

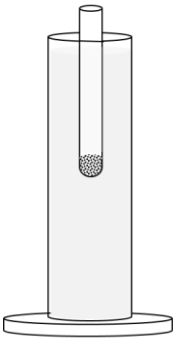
19. i 20. studeni 2020.

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

3. skupina

Pribor: Menzura 1000 mL (ili veća posuda), epruveta promjera 18 mm, digitalna vaga, zaporni sat, ravnalo duljine 30 cm, olovna sačma u plastičnoj čaši, milimetarski papir (2 arka), boca sa običnom vodovodnom vodom (1,5 L), spajalice za papir (20 komada), gumice za domaćinstvo (nekoliko komada), flomaster, selotejp, škare za papir, plastična čaša, papirnati ubrusi ili salvete.

Prvo pročitajte zadatak, a onda započnite sa rješavanjem!



Upute:

Menzuru napunite vodom do visine 3 do 4 cm ispod njezinog gornjeg ruba.
U epruvetu promjera 18 mm stavite nešto olovne sačme. Sačme treba biti toliko da epruveta sa sačmom nakon uranjanja u vodu u menzuri ostane uspravno plivati. Neka epruveta izranja do otprilike 3 cm iznad razine vode i neka pliva stabilno.
Poznata je gustoća vode 1000 kgm^{-3} i akceleracija sile teže 9,81 ms^{-2}.

Zadaci:

1) Epruveta početno miruje na površini vode. Radi pojednostavljenja, pretpostavite cilindrični oblik epruvete. *Što sve djeluje na sustav epruveta-opterećenje? Skicirajte i imenujte sile kojima se na dani sustav djeluje.*

2) Ako epruvetu sa sačmom malo potisnemo prema dolje ili povučemo prema gore i pustimo, epruveta i sačma titraju oko ravnotežnog položaja.
Unatoč gušenju, pretpostavka je da se radi o harmonijskom titranju.
Istražite kako period titranja ovisi o masi sustava epruveta-opterećenje.
Prvo mjerenje izvedite za već postavljeni sustav. Mjerenje perioda izvedite mjerenjem vremena 3 do 5 titraja. Izvedite ukupno 5 mjerenja za dani sustav epruveta-sačma. Procijenite točnost mjerenja.
Izvedite još 4 serije mjerenja za različita opterećenja. Dodavanjem spajalica povećavajte opterećenje. Svaki puta povećajte masu tako da na postojeću olovnu sačmu dodate na primjer po 2 spajalice. Svako od ovih mjerenja ponovite tri puta. Za daljnju obradu uzmite srednju vrijednost svake serije mjerenja. Sva potrebna mjerenja prikažite tablično.
Kako ste odredili masu 1 spajalice?
Nacrtajte grafički prikaz ovisnosti T^2 - m, (kvadrata perioda o masi sustava). Graf nacrtajte na milimetarskom papiru! *O kakvom grafičkom prikazu se radi? Može li se na osnovu grafičkog prikaza zaključiti da se radi o harmonijskom titranju?*

3) Zanemarite učinak gušenja titranja sustava epruveta-sačma koja pluta na vodi.
Na osnovu analogije sa poznatim titrajnim sustavima (harmonijski oscilator), odgovorite na pitanja:

a) *Koja sila ima ulogu povratne sile?*

b) *Izvedite matematički izraz za povratnu silu.*

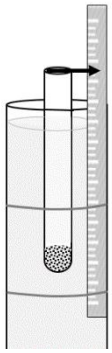
c) *Napišite izraz prema kojem možete odrediti period sustava izraženo preko parametara sustava. Koji su parametri sustava o kojima ovisi vlastiti period titranja i kako period o njima ovisi?*
Izračunajte period prema podacima iz 2. zadatka za sustav epruveta sačma. Usporedite ovu teorijsku vrijednost sa izmjerenim periodom iz 2. zadatka. Uzmite srednju vrijednost prve serije mjerenja. Koliko je odstupanje teorijskog i eksperimentalnog rezultata?

d) *Pokažite da se za dani sustav radi o harmonijskiom titranju.*
Koji uvjeti moraju biti ispunjeni da bi titranje bilo harmonijsko?

4) Za sustav epruveta-sačma (bez dodatnog opterećenja spajalicama) istražite **ovisi li period titranja o početnoj amplitudi** (u t=0s). Izvedite mjerenja za 5 različitih početnih amplituda. Mjerenja prikažite tablično. Procijenite točnost mjerenja.

5) Odredite **akceleraciju sile teže** na osnovu mjerenja perioda titranja sustava epruveta-sačma koja pliva na vodi, no bez izravnog mjerenja i određivanja mase sustava.
Izvedite matematički izraz prema kojemu ćete na osnovu svojih mjerenja izračunati akceleraciju sile teže. Imenujte sve veličine u zapisu. Izvedite niz od 5 mjerenja u kojem varirate potrebne veličine.
Mjerenja prikažite tablično. Zapišite rezultat mjerenja u propisanom obliku, uzimajući u obzir procjenu točnosti mjerenja. Koliko je odstupanje vašeg mjerenja od teorijske vrijednosti akceleracije sile teže, 9,81 ms^{-2}?

6) Realno gušenje postoji. U nastavku razmotrite smanjenje amplituda titranja za vrijeme do 5 perioda titranja. Pretpostavlja se da su oscilacije harmonijske.



Zašto je amplituda titranja sve manja?

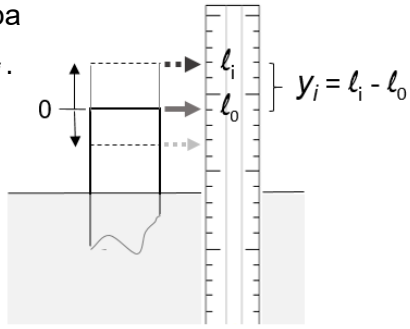
Istražite eksperimentalno opada li amplitauda s vremenom pravilno.

Uputa: očitajte na ravnalu položaj gornjeg ruba epruvete kad je u ravnotežnom položaju. Povucite epruvetu 1 do 2 cm prema gore, očitajte položaj gornjeg ruba i pustite sustav epruveta-sačma titrati.

S obzirom da se titranje odvija relativno brzo neće biti moguće odjednom odrediti sve amplitude i istovremeno mjeriti vrijeme potrebno za 5 potpuna titraja.Prvo izmjerite potrebno vrijeme za 5 potpuna titraja.

Početna amplituda neka je u svim mjerenjima ista! Možete više puta ponoviti mjerenja i zapisivati u tablicu amplitude koje nisu očitane u prethodnim mjerenjima.

Prema skici i tablici sa l_i su označeni položaji gornjeg ruba epruvete očitane na ravnalu, a amplitude su označene sa y_i.



i	l_i /cm	y_i/cm	t/s
0			0
1			
2			

Prema podacima iz tablice nacrtajte grafički prikaz ovisnosti amplituda o vremenu titranja. Graf nacrtajte na milimetarskom papiru.

Prepišite u novu tablicu redom vrijednosti amplituda iz pozitivnog dijela grafičkog prikaza. **Istražite zakonitost po kojoj se amplitude u vremenu smanjuju.** Što možete zaključiti? Procjenite kolika je točnost mjerenja. Može li se uzeti da su titranja kvaziperiodična? Obrazložite!

Spojite vrhove amplituda na svojem grafu ovisnosti amplituda o vremenu titranja. Dobivena je određena krivulja. *O kakvoj se krivulji rad?*

Napišie matematički izraz prema kojem bi opisali dobivenu krivulju.

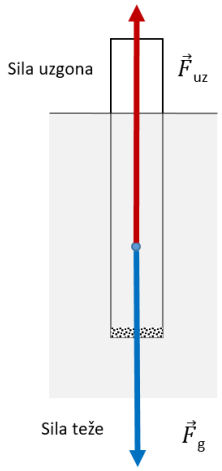
Napišite i jednadžbu prema kojoj bi za dani slučaj mogli opisati *ovisnost elongacije titranja o vremenu.*

7) Navedite barem četiri moguća uzroka koja koja uvjetuju točnost vaših mjerenja!

Državno natjecanje iz fizike
19. i 20. studeni 2020.

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA

3. skupina



1. Na sustav epruveta-sačma u ravnotežnom položaju djeluju sila teže i sila uzgona. Suprotnog su smjera, jednakog iznosa.

1 bod

2.

N=5

m = 38 g	
t/s	T/s
3,65	0,73
3,54	0,71
3,56	0,71
3,62	0,72
3,56	0,71
$\bar{T}$= 0,72 s ΔT_m = 0,02 s r_m = 3%	

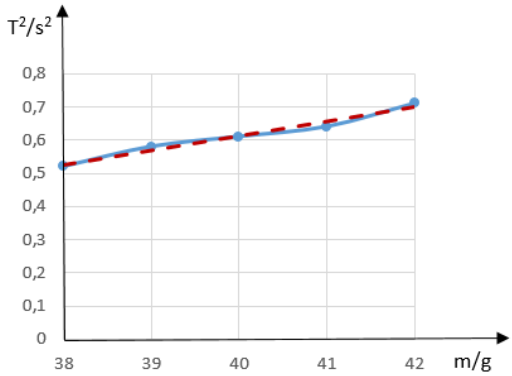
$m_{s,20}$=9,8 g … masa 20 spajalica

$m_{s,1}$=0,49 g ≈ 0,5 g

m = 39 g		m = 40 g		m = 41g		m = 42 g	
t/s	T/s	t/s	T/s	t/s	T/s	t/s	T/s
3,85	0,77	3,89	0,78	4,07	0,81	4,21	0,84
3,77	0,75	3,85	0,77	4,00	0,80	4,17	0,83
3,77	0,75	3,90	0,78	3,96	0,79	4,26	0,85
$\bar{T}$= 0,76 s		$\bar{T}$= 0,78 s		$\bar{T}$= 0,80 s		$\bar{T}$= 0,84 s	

1 bod

m/g	T/s	T^2/s^2
38	0,72	0,52
39	0,76	0,58
40	0,78	0,61
41	0,80	0,64
42	0,84	0,71

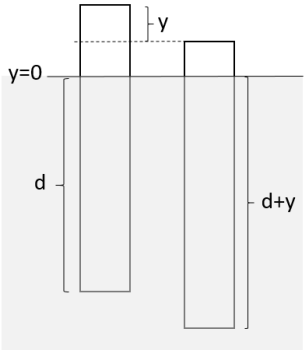


2 boda

Grafički prikaz je približno linearan. Tako da možemo pretpostaviti da se radi o harmonijskom titranju.

3.

a)



Označimo sa y pomak od ravnotežnog položaja.

Ako tijelo potisnemo prema dolje, tijelo je za d+y uronjeno u vodu. Sila uzgona se povećava. Smjer sile je prema gore.

Ulogu povratne sile ima **dodatna sila uzgona**.

1 bod

b) Dodatna sila uzgona je po iznosu jednaka težini dodatno istisnute tekućine:

$$\boldsymbol{F_{uz} = \Delta m_{tek} \cdot g \;=\; \Delta V \rho_{tek} g \;=\; S y \rho_{tek} g}$$

S je površina poprečnog presjeka tijela, ρ_{tek} je gustoća tekućine u koju je tijelo uronjeno.

Smjer povratne sile je suprotan smjeru pomaka tijela (prema položaju ravnoteže), stoga povratnu silu možemo izraziti kao:

$$\boldsymbol{F_p = -\rho_{tek} g S y}$$

1 bod

c) Za sustav uteg-opruga vrijedi: $\boldsymbol{ma = -ky}$ i $\boldsymbol{\omega^2 = \frac{k}{m}}$.

Slijedi da je $\boldsymbol{a = -\omega^2 \cdot y}$, ω je kružna frekvencija.

Analogno slijedi za sustav epruveta-opterećenje.

Primjenom 2. Newtonovog zakona: $\boldsymbol{ma = F_p}$

i uvrštavanjem izraza za povratnu silu $\boldsymbol{ma = -\rho_{tek} g S y}$

možemo izraziti akceleraciju sustava: $\boldsymbol{a = -\frac{\rho_{tek} \cdot g \cdot S}{m} y}$ **1 bod**

Usporedbom sa sustavom uteg-opruga slijedi da je $\boldsymbol{\omega^2 = \frac{\rho_{tek} \cdot g \cdot S}{m}}$, **1 bod**

odnosno **period** titranja sustava epruveta-opterećenje jednak je: $\boldsymbol{T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{\rho_{tek} \cdot g \cdot S}}}$

Parametri danog sustava su njegova masa ***m*** i poprečni presjek ***S***. Period titranja danog sustava je dulji, što je njegova masa veća i što je njegov poprečni presjek manji.

m = 38 g = 0,038 kg

2r=18mm ⇒ r = 9mm = $9 \cdot 10^{-3}$ m ⇒ $S = r^2 \cdot \pi = 2{,}5434 \cdot 10^{-4} m^2$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{\rho_{tek} \cdot g \cdot S}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{0{,}038 kg}{1000 kg m^{-3} \cdot 9{,}81 m s^{-2} \cdot 2{,}5434 \cdot 10^{-4} m^2}} = 0{,}775 s$$ **1 bod**

T_{teor} = 0,78 s

T_{eksp} = 0,72 s Odstupanje = $\frac{|T_{teor} - T_{eksp}|}{T_{teor}} \cdot 100\% = 8\%$ **1 bod**

d) Dva su uvjeta koja moraju biti ispunjena da bi se radilo o harmonijskom titranju:

- Postojanje povratne sile (djeluje prema ravnotežnom položaju) i njezina linearna ovisnost o pomaku iz ravnotežnok položaja. Uvjet je za sustav epruveta-opterećenje ispunjen $\boldsymbol{F_p \sim -y}$.
- Dio sustava koji titra mora imati tromost (inerciju) da bi pri prolasku kroz ravnotežni položaj nastavio gibanje.

1 bod

4.

y_0/cm	t/s	N	T/s
2,5	3,70	5	0,74
2	3,75	5	0,75
1,5	3,85	5	0,77
1	3,62	5	0,72
0,5	3,64	5	0,73

$\overline{T}$ = 0,74 s

ΔT_m = 0,03 s

$r_m = \frac{\Delta T_m}{\overline{T}} \cdot 100(\%) = 4\%$

2 boda

Na osnovu mjerenja može se zaključiti da period titranja sustava epruveta-sačma ne ovisi o početnoj amplitudi.

1 bod

5. Za ravnotežni položaj vrijedi:

$$F_{uz} = F_g$$
$$\rho_{tek} g V_{ur} = mg$$
$$\rho_{tek} g S d = mg$$
$$\frac{\boldsymbol{\rho_{tek} \cdot S}}{\boldsymbol{m}} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{d}}$$

1 bod

U 3.c zadatku je pokazano da vrijedi

$$\boldsymbol{\omega^2 = \frac{\rho_{tek} \cdot g \cdot S}{m}}\ .$$

1 bod

Usporedbom tog i prethodnog izraza slijedi da je $\omega = \sqrt{\frac{g}{d}}$, odnosno $\boldsymbol{T = 2\pi\sqrt{\frac{d}{g}}}$.

Period titranja danog sustava ne ovisi izravno o masi tijela. Period se može odrediti iz dubine početnog urona d.

Određivanjem perioda i mjerenjem početnog urona može se odrediti akceleracija sile teže:

$$\boldsymbol{g = \frac{4\pi}{T^2} \cdot d}$$

Rezultati mjerenja:

d/cm	t/s	N	T/s	d/m	g/ms^{-2}	Δg/ms^{-2}
14,5	3,82	5	0,76	0,145	9,90	-0,36
15,4	3,92	5	0,78	0,154	9,98	-0,44
15,7	4,03	5	0,81	0,157	9,44	0,10
16,1	4,13	5	0,83	0,161	9,22	0,32
16,4	4,2	5	0,84	0,164	9,17	0,37

2 boda

$\bar{g}$ = 9,54 ms^{-2}

Δg_m = 0,44 ms^{-2}

$r_m = \frac{\Delta g_m}{\bar{g}} \cdot 100(\%) = 4{,}6\%$

1 bod

g = (9,54±0,44) ms^{-2}

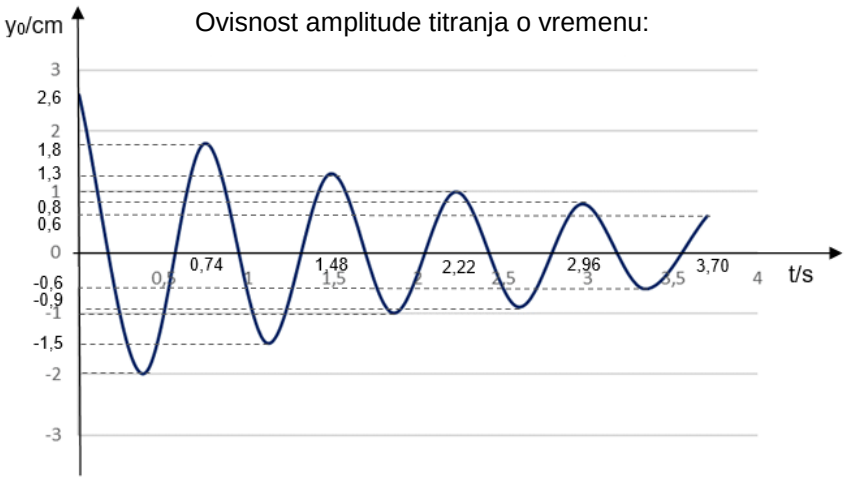
Odstupanje = $\frac{|g_{teor} - g_{eksp}|}{g_{teor}} \cdot 100\% = 2{,}8\%$

6.

l_0= 19,4 cm; N=5: t=3,7 s

i	l_i/cm	y_i/cm	t/s
1	**22**	2,6	**0**
2	17,4	-2	0,37
3	**21,2**	1,8	**0,74**
4	17,9	-1,5	1,11
5	**20,7**	1,3	**1,48**
6	18,4	-1	1,85
7	**20,4**	1	**2,22**
8	18,5	-0,9	2,59
9	**20,2**	0,8	**2,96**
10	18,8	-0,6	3,33
11	20	0,6	**3,7**

Ovisnost amplitude titranja o vremenu:



3 boda

i	A_i/cm	$\frac{A_i}{A_{i+1}}$
0	2,6	-
1	1,8	1,44
2	1,3	1,38
3	1	1,3
4	0,8	1,25
5	0,6	1,33

1 bod

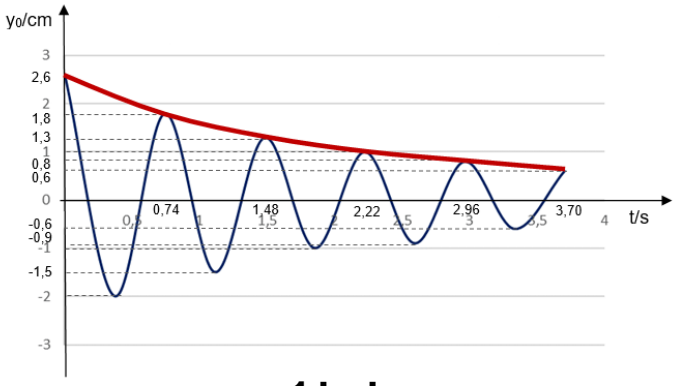
Da bi utvrdili zakonitost prema kojoj se zbiva smanjenje amplituda određuju se omjeri svake sljedeće amplitude, $\frac{A_i}{A_{i+1}}$. Ovaj omjer određuje faktor slabljenja ili prigušenja.

Očekivano je da bi taj omjer trebao biti konstantan, $\frac{A_i}{A_{i+1}} = konst.$

Na osnovu mjerenja može se zaključiti o konstantnosti omjera. Maksimalna relativna pogreška je r_m = 7,4%.

Za dani sustav epruveta-sačma mase m = 35 g amplitude se približno pravilno smanjuju. Omjer je mali broj što upućuje na slabo gušenje.
Uz povoljan odabir mase ovo titranje je kvaziperiodično.
Za veće mase se može dogoditi da gušenje postane jako i periodičnost nestane. Može doći i do kritičnog gušenja.

2 boda



1 bod

Ova krivulja je padajuća eksponencijalna funkcija:

$$A = A_0 \cdot e^{-kt}$$

Jednadžba ovisnosti elongacije o vremenu:

$$y(t) = A_0 \cdot e^{-kt} \cdot cos\omega t$$

k je faktor slabljenja ili prikušenja.

2 boda

7.

- postoji gušenje sustava zbog trenja (viskoznosti) i otpora sredstva
- mala je razlika u izmjerenim vremenskim intervalima
- utjecaj gibanja vode na vertikalne oscilacije epruvete koja se lagano za vrijeme titranja otklanja od uzdužne osi
- vrijeme reakcije opažača
- očitavanja kroz staklo i efekt leće
- mjerne nepreciznosti (mase, dubine urona, vremena)
- gustoća vode ovisi i o temperaturi
- adhezija …

2 boda