

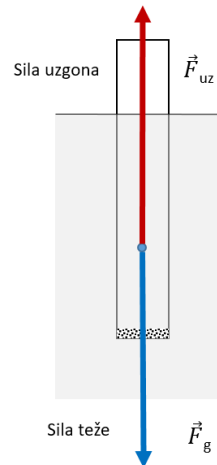
Državno natjecanje iz fizike
19. i 20. studeni 2020.

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
$\bar{T} = 0,72 \text{ s}$ $\Delta T_m = 0,02 \text{ s}$ $r_m = 3\%$	

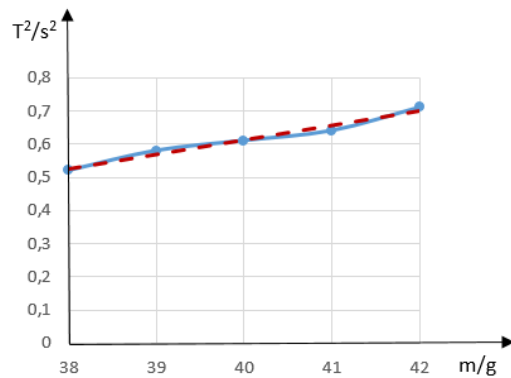
$m_{s,20} = 9,8 \text{ g}$... masa 20 spajalica

$m_{s,1} = 0,49 \text{ g} \approx 0,5 \text{ g}$

m = 39 g		m = 40 g		m = 41 g		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
$\bar{T} = 0,76 \text{ s}$		$\bar{T} = 0,78 \text{ s}$		$\bar{T} = 0,80 \text{ s}$		$\bar{T} = 0,84 \text{ s}$	

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

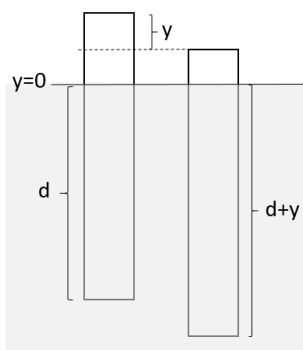


2 boda

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:

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

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:

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

1 bod

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

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

Analogno slijedi za sustav epruveta-opterećenje.

Primjenom 2. Newtonovog zakona: $ma = F_p$

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

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

1 bod

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

1 bod

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

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.

$$m = 38 \text{ g} = 0,038 \text{ kg}$$

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

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

1 bod

$$T_{\text{teor}} = 0,78 \text{ s}$$

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

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 ravnotežnog položaja. Uvjet je za sustav epruveta-opterećenje ispunjen $F_p \sim -y$.
- 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

$$\bar{T} = 0,74 \text{ s}$$

$$\Delta T_m = 0,03 \text{ s}$$

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

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:

$$F_{uz} = F_g$$

$$\rho_{tek} g V_{ur} = mg$$

$$\rho_{tek} g S d = mg$$

$$\frac{\rho_{tek} \cdot S}{m} = \frac{1}{d}$$

1 bod

U 3.c zadatku je pokazano da vrijedi

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

1 bod

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

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:

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

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

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

$$\Delta g_m = 0,44 \text{ ms}^{-2}$$

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

$$g = (9,54 \pm 0,44) \text{ ms}^{-2}$$

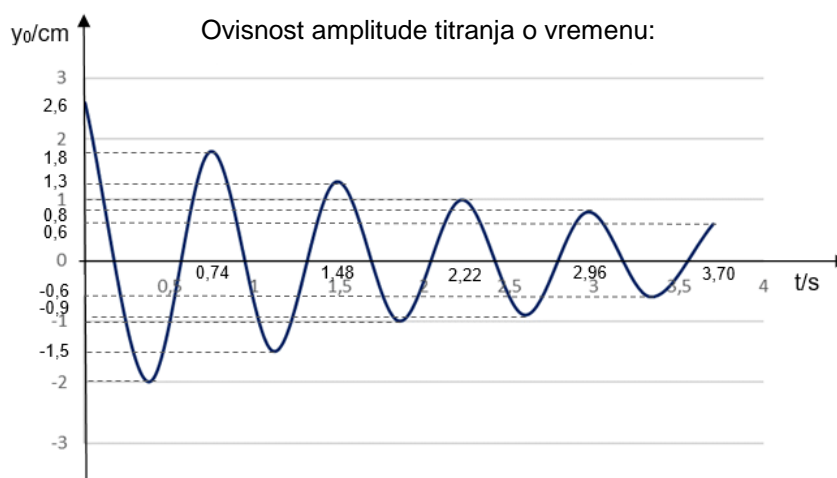
1 bod

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

6.

$l_0 = 19,4 \text{ cm}$; $N=5$; $t=3,7 \text{ s}$

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



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, $\frac{A_i}{A_{i+1}} = \text{konst.}$

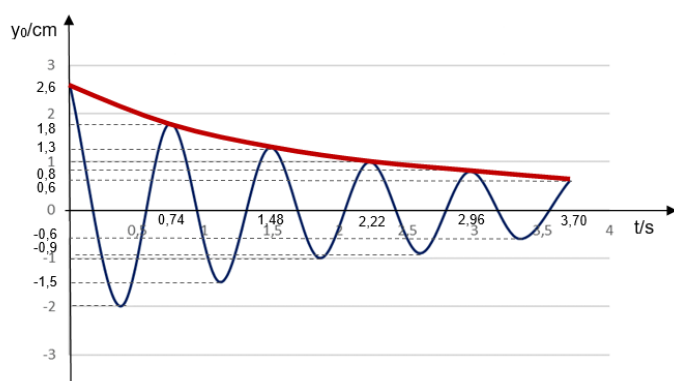
Na osnovu mjerenja može se zaključiti o konstantnosti omjera. Maksimalna relativna pogreška je $r_m = 7,4\%$.

Za dani sustav epruveta-sačma mase $m = 35 \text{ g}$ 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