

Državno natjecanje iz fizike

5. do 8. svibnja 2025., Vodice

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA

3. skupina

1. dio

- a) Kad se *slinky* opruga ovjesi, gledajući odozgo prema gore, razmaci između dvaju susjednih namotaja sve su veći i veći. Razmak između namotaja nije jednak.

Ova je pojava uvjetovana time što su gornji dijelovi više opterećeni od donjih dijelova ovakve opruge.

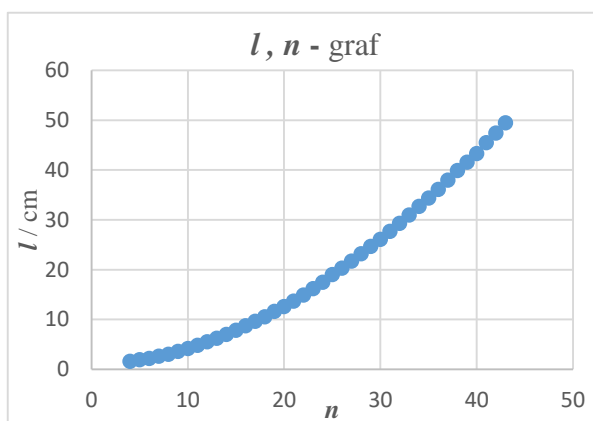
Kod obične se opruge pretpostavljaju jednaki razmaci između namotaja kad je takva opruga opterećena.

Za razliku od obične opruge, gdje se masa same opruge u pokusima i razmatranjima ne uzima u obzir, kod *slinky* opruge masa se opruge ne može zanemariti!

2 boda

2. dio

b)



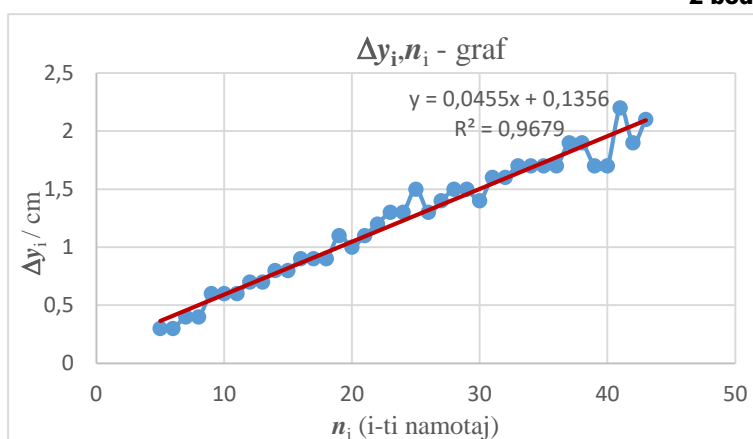
1 bod

Krivulja dobivena u traženom grafičkom prikazu jest parabola.

1 bod

c)

2 boda



Grafički prikaz ovisnosti produljenja opruge između i-tog i (i-1)-tog namotaja.

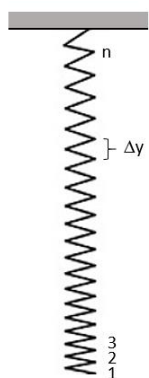
Ovdje su produljenja određena iz niza mjerenja duljina opruga u ovisnosti o broju ovješanih namotaja. Kao razlike duljina između dva susjedna mjerenja (za broj namotaja n i $n-1$, $n-1$ i $n-2$...).

U grafičkom prikazu uočava se linearnost.

n	l/cm	$\Delta y/\text{cm}$	n^2
4	1,6	-	16
5	1,9	0,3	25
6	2,2	0,3	36
7	2,6	0,4	49
8	3	0,4	64
9	3,6	0,6	81
10	4,2	0,6	100
11	4,8	0,6	121
12	5,5	0,7	144
13	6,2	0,7	169
14	7	0,8	196
15	7,8	0,8	225
16	8,7	0,9	256
17	9,6	0,9	289
18	10,5	0,9	324
19	11,6	1,1	361
20	12,6	1	400
21	13,7	1,1	441
22	14,9	1,2	484
23	16,2	1,3	529
24	17,5	1,3	576
25	19	1,5	625
26	20,3	1,3	676
27	21,7	1,4	729
28	23,2	1,5	784
29	24,7	1,5	841
30	26,1	1,4	900
31	27,7	1,6	961
32	29,3	1,6	1024
33	31	1,7	1089
34	32,7	1,7	1156
35	34,4	1,7	1225
36	36,1	1,7	1296
37	38	1,9	1369
38	39,9	1,9	1444
39	41,6	1,7	1521
40	43,3	1,7	1600
41	45,5	2,2	1681
42	47,4	1,9	1764
43	49,5	2,1	1849

2 boda

d)



Na namotaj pri dnu ovješene opruge nema opterećenja, te je produljenje jednako nuli:

$$\Delta y_1 = 0 \text{ cm}$$

Na drugi je namotaj ovješen samo 1 namotaj, mase m_{nam} , te je njegovo produljenje jednako:

$$\Delta y_2 = \frac{m_{\text{nam}} g}{k_{\text{nam}}}$$

gdje je k_{nam} konstanta jednog namota opruge. Analogno, za treći namotaj vrijedi:

$$\Delta y_3 = \frac{2m_{\text{nam}} g}{k_{\text{nam}}}$$

I tako dalje... Uočava se da za svaki idući namotaj imamo povećanje produljenja za $\frac{m_{\text{nam}} \cdot g}{k_{\text{nam}}}$.

1 bod

Iz mjernih podataka odredimo masu jednog namotaja:

$$n = 40$$

$m_{\text{opr}} = 24 \text{ g}$... masa cijele opruge

$$m_{\text{nam}} = \frac{m_{\text{opr}}}{n} = \frac{24 \text{ g}}{40} \Rightarrow m_{\text{nam}} = 0,6 \text{ g}$$

1 bod

Iz nagiba pravca moguće je odrediti konstantu elastičnosti po produljenju jednog namotaja (i-tog) i vrijedi:

$$k_{\text{nam}} = \frac{m_{\text{nam}} \cdot g}{\Delta y_{\text{nam}}} \Rightarrow k_{\text{nam}} = \frac{6 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2}}{4,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}} \Rightarrow k_{\text{nam}} = 12,8 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

1 bod

Kako je opruga niz serijski spojenih namotaja slijedi:

$$k_{\text{opr}} = \frac{k_{\text{nam}}}{n} \Rightarrow k_{\text{opr}} = \frac{12,8 \text{ N}}{40 \text{ m}} \Rightarrow k_{\text{opr}} = 0,32 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

2 boda

e) Ukupno produljenje:

$$\Delta y_{\text{uk}} = \sum_{i=1}^n \frac{(i-1)m_{\text{nam}} \cdot g}{k_{\text{nam}}} = \frac{m_{\text{nam}} \cdot g}{k_{\text{nam}}} \sum_{i=1}^n (i-1)$$

$$\Delta y_{\text{uk}} = \frac{m_{\text{nam}} \cdot g}{k_{\text{nam}}} (0 + 1 + 2 + 3 + \dots + n-1) = \frac{m_{\text{nam}} \cdot g}{k_{\text{nam}}} \cdot \left[\frac{(n-1)n}{2} \right]$$

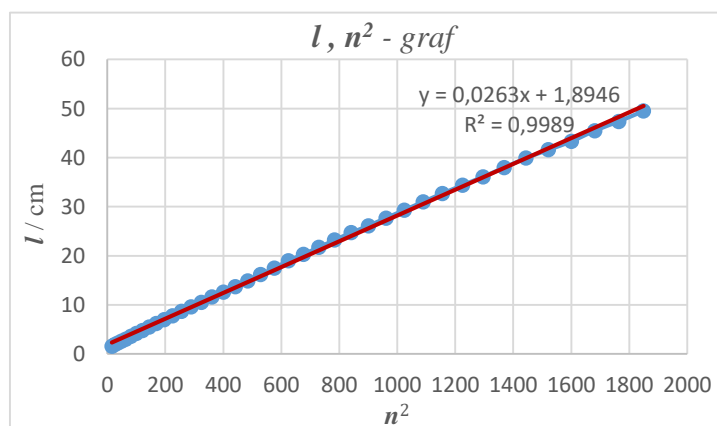
$$\Delta y_{\text{uk}} \approx \frac{m_{\text{nam}} g}{k_{\text{nam}}} \cdot \frac{n^2}{2}$$

2 boda

f) Stoga, duljinu opruge možemo izraziti kao: $l = \Delta y_{\text{uk}} = \frac{m_{\text{nam}} \cdot n}{\frac{k_{\text{nam}}}{n}} \cdot \frac{g}{2} \Rightarrow l = \frac{m_{\text{opr}} \cdot g}{2k_{\text{opr}}}$

1 bod

g)



1 bod

Dobivena je linearna ovisnost: $l = \beta N^2$

Nagib pravca određen je koeficijentom: $\beta = 0,026 \text{ cm} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Iz prethodnog razmatranja slijedi da je: $\beta = \frac{m_{\text{nam}}g}{2k_{\text{nam}}} \Rightarrow k_{\text{nam}} = \frac{m_{\text{nam}}g}{2\beta} = \frac{0,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2}}{2 \cdot 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}}$

$$k_{\text{nam}} = 11,32 \frac{\text{N}}{\text{m}} \Rightarrow k_{\text{opr}} = \frac{k_{\text{nam}}}{n} = \frac{11,32 \text{ N/m}}{40} \Rightarrow k_{\text{opr}} = 0,28 \text{ N/m} \quad \mathbf{2 \text{ boda}}$$

3. dio

h) Prema danom izrazu očekivana je linearna ovisnost između perioda titranja T slinky opruge i $\sqrt{l/g}$.

Treba izvesti niz mjerenja ovisnosti perioda titranja za različite duljine (različiti broj namotaja) ovještene opruge.

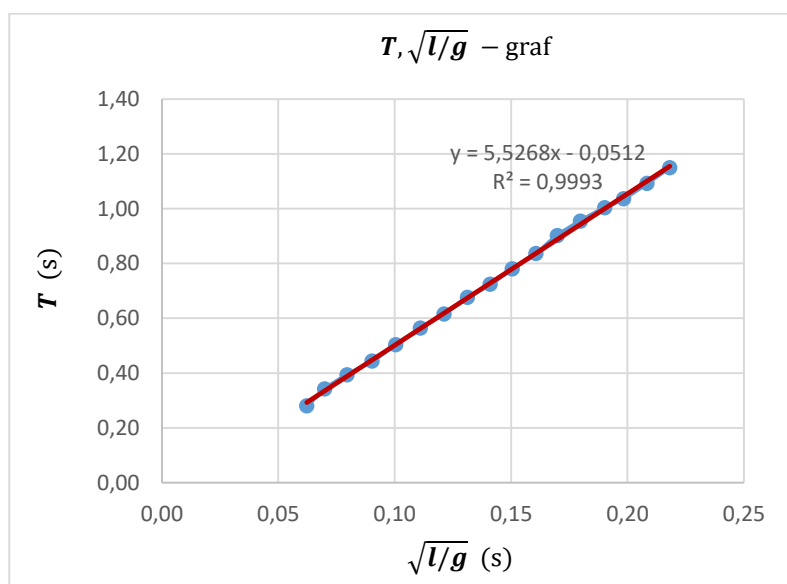
Nakon što izmjerimo duljinu ovještene opruge, povučemo je nekoliko centimetara iz ravnotežnog položaja i pustimo da titra. Izmjerimo vrijeme za 5 ili 10 titraja i odredimo period titranja za danu duljinu opruge.

Mjerenja prikazemo tablično i izračunamo za svaki niz mjerenja vrijednost $\sqrt{l/g}$.

2 boda

n	$10T/s$	T/s	l/cm	$\sqrt{l/g} / s$
8	2,8	0,28	3,8	0,06
10	3,42	0,34	4,8	0,07
12	3,94	0,39	6,2	0,08
14	4,44	0,44	8	0,09
16	5,04	0,50	9,9	0,10
18	5,64	0,56	12,1	0,11
20	6,16	0,62	14,4	0,12
22	6,76	0,68	16,9	0,13
24	7,24	0,72	19,5	0,14
26	7,8	0,78	22,2	0,15
28	8,36	0,84	25,3	0,16
30	9,02	0,90	28,3	0,17
32	9,55	0,96	31,7	0,18
34	10,04	1,00	35,5	0,19
36	10,36	1,04	38,6	0,20
38	10,92	1,09	42,6	0,21
40	11,5	1,15	46,7	0,22

2 boda



2 boda

Iz nagiba pravca odredimo $\sqrt{\alpha}$.

$$\sqrt{\alpha} = 5,53 \Rightarrow \alpha = 30,6 \Rightarrow \alpha = 31$$

1 bod

Period titranja slinkyja približno možemo izraziti:

$$T = \sqrt{31 \cdot \frac{l}{g}}$$

(Teorijski očekivani rezultat je $T = \sqrt{32 \cdot \frac{l}{g}}$)

$$T = \sqrt{31 \cdot \frac{l}{g}} = \sqrt{31 \cdot \frac{m_{\text{opr}}g}{2k_{\text{opr}}}} = \sqrt{15,5 \cdot \frac{m_{\text{opr}}}{k_{\text{opr}}}} \approx \sqrt{16 \cdot \frac{m_{\text{opr}}}{k_{\text{opr}}}} \Rightarrow T = 4 \cdot \sqrt{\frac{m_{\text{opr}}}{k_{\text{opr}}}}$$

2 boda

i) $m_{\text{opr}} = 24 \text{ g}$, $T = 1,15 \text{ s}$:

$$k_{\text{opr}} = \frac{16}{T} \cdot m_{\text{opr}} = \frac{16}{1,15 \text{ s}} \cdot 0,024 \text{ kg} \Rightarrow k_{\text{opr}} = 0,29 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

1 bod

Dobiveni su približno jednaki rezultati za konstantu elastičnosti slinkyja, oko 0,3 N/m.

Izraz za period titranja harmonijskog oscilatora, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ nije jednak. Kod harmonijskog oscilatora zanemarujemo masu opruge, a masa m u izrazu je masa tereta ovješena o oprugu.

1 bod