

Физикадан РО-2024 экспериментальдық тур шешімі
10 сынып
Сызғыштың серпімділік қасиеттері, 15 ұпай

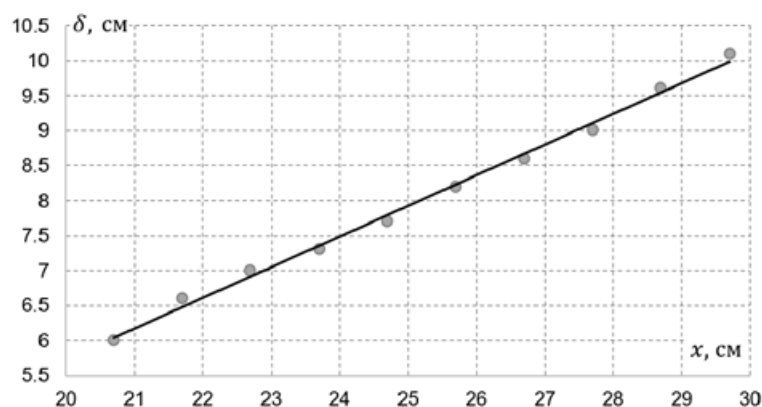
1. Авторлық шешімде барлық уақытта $m = 100$ г және $L = 39$ см мәндері таңдалған. 1- кестеде δ иілу бағдарының жүктің x координатасынан тәуелділігін өлшеу нәтижелері келтірілген.

1-кесте

x , см	20.7	21.7	22.7	23.7	24.7	25.7	26.7	27.7	28.7	29.7
δ , см	6.0	6.6	7.0	7.3	7.7	8.2	8.6	9.0	9.6	10.1

Мұндай графикке экспериментальдық тәуелділікті саламыз:

Иілу бағдарының жүк координатасынан тәуелділігі



Көріп отырғаныңыздай, бұл тәуелділіктің түрі тікелей пропорционалды $\delta(x) = bx$ болып табылады. Сызқтық тәуелділіктің еркін мүшесінің салыстырмалы қателігі b -ға қарағанда едәуір жоғары екенін көрсетуге болады (алайда бұл талап етілмейді), сондықтан бұл құраушыны алып тастаймыз.

m жүгіне әсер ететін күштердің баланс теңдеуін жазамыз:

$$mg = k(x)\delta(x).$$

$\delta(x)$ тәуелділігі x -тен сызқты түрде тәуелді болғандықтан, коэффициент $\alpha = -1$. к деп айтуға болады.

b коэффициентін графиктің көлбеулігі бойынша немесе ең кіші квадраттар әдісімен есептеу келесі шаманы береді

$$b = 0.438.$$

Бұдан k_0 коэффициентінің мәнін есептейміз:

$$k_0 = \frac{mg}{bL} = 5.73 \text{ Н/м}.$$

2. Енді, сызғыштың кіші тербелістерінің периодының жүктің координатасына тәуелділігін теория жүзінде табамыз.

$$m\ddot{z} = mg - k(x)(bx + z) = -k(x)z.$$

Мұндай қозғалыс теңдеуіне периоды келесі түрде анықталатын тербеліс сәйкес келетіні көрініп тұр

$$T(x) = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k(x)}}$$

Егер $k(x)$ -ны өрнектейтін болсақ, онда

$$C = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_0 L}}, \quad \beta = 1/2.$$

$T(x)$ тәуелділігін эксперименталды түрде анықтаймыз және тапсырма шартында ұсынылған дәрежелік функцияның орындалатындығын тексереміз. Өлшеулер жоғарыдағы 1-кестедегідей дәл сол x диапазонында өлшемдер

2-кесте

x , см	20.7	21.7	22.7	23.7	24.7	25.7	26.7	27.7	28.7	29.7
T , с	0.355	0.366	0.385	0.398	0.410	0.422	0.440	0.451	0.465	0.482

Тербеліс периоды салыстырмалы түрде аз болғандықтан, өлшеулерді бірнеше рет мұқият жүргізу өте маңызды, сонымен қатар оны жеткілікті үлкен x және/немесе m диапазонында жүргізу қажет (бірақ оны асыра сілтеп алмаңыз, әйтпесе бұл сызғыштың қатаңдығына әсер етеді, ал штатив мүлдем аударылып кетуі мүмкін!). Бұл тәуелділіктің графигі төмендегідей болады



Күтпеген жерден, тәуелділік "түбір" емес, сызықтық болып шықты! Бұл жағдайда $k(x)$ формуласын "динамикалық" жағдайға оңайландыру керек, онда $T(x)$ сызықтық тәуелділігі $\alpha' = -2$ сәйкес келеді, ал теориялық тұрғыдан тәуелділік келесі түрге ие

$$T(x) = \frac{2\pi}{L} \sqrt{\frac{m}{k'_0}} \cdot x.$$

Графиктен сандық түрде көлбеулік коэффициентін анықтаймыз

$$\frac{2\pi}{L} \sqrt{\frac{m}{k'_0}} = 0.0140 \text{ с/см.}$$

Бұдан қатаңдықтың динамикалық коэффициенті

$$k'_0 = 13.24 \text{ Н/м.}$$

Бір қызығы, бұл нәтиже k_0 мәнінен екі еседен көп!

3. Соңғы пункт үшін, теориялық тұрғыдан біз зерттейтін шамалар арқылы M күштер моментін және R қисықтық радиусын өрнектейміз. Біріншіден,

$$M = mgx,$$

екіншіден, эксперименттік қондырғыдан, егер сызғыштың доғасын қамтитын φ бұрышын енгізетін болсақ, онда

$$\varphi = L/R.$$

Сондай-ақ,

$$\delta = R(1 - \cos \varphi) \approx \frac{R\varphi^2}{2}.$$

Жоғарыда көрсетілген шамаларды жинақтай отырып, біз зерттейтін тәуелділіктің түрін анықтаймыз

$$\delta(x) = \frac{6mgL^2}{Eah^3} \cdot x.$$

Бұл тәуелділік δ аз мәндерінде жақсы жұмыс жасайтынына көңіл аудару қажет. Ол үшін Юнг модулін ең жақсы тәсілмен дәлірек өлшеу немесе m жеңіл жүкті таңдау немесе кіші x диапазонында өлшеулер жүргізу. Эксперименталды түрде алынған тәуелділік төмендегі кестеде келтірілген:

3-кесте

x , см	10.7	11.7	12.7	13.7	14.7	15.7	16.7	17.7	18.7	19.7
δ , см	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5	5.5

Бұл тәуелділіктің графигі төмендегідей болады:



Бұл пунктте өлшеу қателігін есептеу керек болғандықтан, ең кіші квадраттар әдісі бойынша көлбеулік мәні ретінде анықтаймыз

$$b = \frac{6mgL^2}{Eah^3} = 0.343,$$

өлшеулер қателігін дәл солай

$$\Delta b = 2 \sqrt{\frac{\sigma_Y^2 / \sigma_X^2 - b^2}{N - 2}} = 0.015.$$

$Y = a + bX$

Бұл сонымен қатар, k_0 мәні, қатысушы тапсырманың бірінші бөлігінде $\delta(x)$ тәуелділігін қандай x диапазонына өлшегендігіне байланысты екенін көрсетеді. Атап айтқанда, егер қатысушы авторлық шешімнің 4-пунктіндегідей мәндерді өлшеу арқылы 1 пунктті шешсе, онда оның нәтижесі келесі мәнге жуық болуы керек

$$k_0 = 7.31 \text{ Н/м.}$$

Бұл 1 пунктті бағалаған кезде ескеріледі. Сонымен, Юнг модулі

$$E = 104.1 \text{ ГПа,}$$

ал оның қателігінің мәні

$$\Delta E = E \cdot \frac{\Delta b}{b} = 4.7 \text{ ГПа.}$$

Мазмұны	Ұпайлар
1 пункт	4.25
<p>$\delta(x)$ тәуелділігі нүктелерінің кестесі: қатысушы таңдаған m, L және x мәнінің диапазонын ескере отырып, нәтижелер авторлық мәннен 25%-дан аспайтын болса ғана бағаланады.</p> <ul style="list-style-type: none"> - x-тың өзгеру диапазоны минимум 7 см (<i>5 см -ден аспаса, 3 см-ден аспаса</i>) - Нүктелер саны 10 және одан көп (<i>5-9 нүктелер, 5 нүктеден аз</i>) - Сызықтық тәуелділік алынған 	<p>1.75</p> <p>0.50 (0.25, 0.00)</p> <p>0.75 (0.25, 0.00)</p> <p>0.50</p>
<p>$\delta(x)$ тәуелділік графигін тұрғызу: кестеге сәйкес бағаланады..</p> <ul style="list-style-type: none"> - Осьтер белгіленген және цифрланған - Кестеге сәйкес барлық нүктелер енгізілген (<i>70% нүктелер</i>) - Тегістеу сызығы жүргізілді 	<p>1.25</p> <p>0.25</p> <p>0.75 (0.25, 0.00)</p> <p>0.25</p>
<p>k_0 коэффициентін есептеу</p> <ul style="list-style-type: none"> - b көлбеулік коэффициентін ең ККӨ немесе графикалық жолмен есептеу (<i>2-3 нүкте бойынша, бір нүктемен</i>) - $\alpha = -1$ қорыту (<i>жауап қорытылмаса</i>) - $k_0 = mg/bL$ қорыту - k_0 сандық мәні авторлық мәннен 5%-дан аспайтын өзгешелікпен табылса (<i>10%-дан көп емес, 10% және одан жоғары</i>). $x \in (20 \text{ см}, 30 \text{ см})$ үшін $k_0 = 5.73 \text{ Н/м}$, $x \in (10 \text{ см}, 20 \text{ см})$ үшін $k_0 = 7.31 \text{ Н/м}$. - <i>Өлшемі жоғалған/дұрыс көрсетілмеген</i> 	<p>1.25</p> <p>0.40 (0.20, 0.10)</p> <p>0.15</p> <p>0.20</p> <p>0.5 (0.25, 0.00)</p> <p>(-0.25)</p>
2Т пункт	0.75
<p>$T(x)$ теориялық тұрғыдан қорыту</p> <ul style="list-style-type: none"> - Қорытуыз $T(x) = 2\pi\sqrt{m/k(x)}$ екені көрсетілсе - C көрсетілген - B көрсетілген 	<p>0.75</p> <p>0.30</p> <p>0.25</p> <p>0.20</p>
2Е пункт	4.75
<p>$T(x)$ тәуелділігі нүктелерінің кестесі: $T > 0.3$ с болатын нүктелер ғана бағаланады (оларға әдетте $L \approx 40$ см кезіндегі $x > 20$ см сәйкес келеді, басқа жағдайда тербеліс периодын есептеу өте қиын) және қатысушы таңдаған m, L және x мәнінің диапазонын ескере отырып, нәтижелер авторлық мәннен 25%-дан аспайтын болса ғана бағаланады.</p> <ul style="list-style-type: none"> - x-тың өзгеру диапазоны минимум 7 см (<i>5 см -ден аспаса, 3 см-ден аспаса</i>) 	<p>1.75</p> <p>0.50 (0.25, 0.00)</p>

- $T > 0.3$ с болатын нүктелер саны 10 және одан көп (5-9 нүктелер, 5 нүктеден аз) - Сызықтық тәуелділік алынған	0.75 (0.25, 0.00) 0.50
$T(x)$ тәуелділік графигін тұрғызу: кестеге сәйкес бағаланады.. - Осьтер белгіленген және цифрланған - Кестеге сәйкес барлық нүктелер енгізілген (70% нүктелер) - Тегістеу сызығы жүргізілді	1.25 0.25 0.75 (0.25, 0.00) 0.25
k'_0 коэффициентін есептеу - b көлбеулік коэффициентін ең ККӘ немесе графигтік жолмен есептеу (2-3 нүкте бойынша, бір нүктемен) - $\alpha = -2$ көрсетілген - $b = (2\pi/L)\sqrt{m/k'_0}$ көрсетілген - k'_0 сандық мәні авторлық мәннен 5%-дан аспайтын өзгешелікпен табылса (10%-дан көп емес, 10% және одан жоғары). $x \in (20 \text{ см}, 30 \text{ см})$ үшін $k'_0 = 13.24 \text{ Н/м}$. Басқа таңдалған параметрлерге байланысты k'_0 мәнінің авторлық жауаптан өте үлкен ауытқуы ескерілмейді. - Өлшемі жоғалған/дұрыс көрсетілмеген	1.75 0.40 (0.20, 0.10) 0.25 0.35 0.75 (0.25, 0.00) (-0.25)
3 пункт	5.25
$\delta(x)$ теориялық есептеу - $M = mgx$ көрсетілген - $\varphi = L/R$ көрсетілген - $\delta = R\varphi^2/2$ көрсетілген - $\delta = 6mgL^2/Eah^3 \cdot x$ көрсетілген	0.5 0.1 0.1 0.1 0.20
$\delta(x)$ тәуелділігі нүктелерінің кестесі: $\delta < 7$ см болатын нүктелер ғана бағаланады (басқа жағдайда сызғыш пішінінің шеңберге оғысу дәлдігі аз болады) және қатысушы таңдаған m , L және x мәнінің диапазонын ескере отырып, нәтижелер авторлық мәннен 25%-дан аспайтын болса ғана бағаланады. - x -тың өзгеру диапазоны минимум 7 см (5 см -ден аспаса, 3 см-ден аспаса) - $\delta < 7$ см болатын нүктелер саны 10 және одан көп (5-9 нүктелер, 5 нүктеден аз) - Сызықтық тәуелділік алынған	1.75 0.50 (0.25, 0.00) 0.75 (0.25, 0.00) 0.50
$\delta(x)$ тәуелділік графигін тұрғызу: кестеге сәйкес бағаланады.. - Осьтер белгіленген және цифрланған - Кестеге сәйкес барлық нүктелер енгізілген (70% нүктелер) - Тегістеу сызығы жүргізілді	1.25 0.25 0.75 (0.25, 0.00) 0.25
E Юнг модулін есептеу - b көлбеулік коэффициентін ең ККӘ немесе графигтік жолмен есептеу (2-3 нүкте бойынша, бір нүктемен) - Δb көлбеулігінің қателігін бағалау - $E = 100.0 \text{ ГПа}$ сандық мәні авторлық мәннен 5%-дан аспайтын өзгешелікпен табылса (10%-дан көп емес, 15%-дан көп емес, 15% және одан жоғары). - Өлшемі жоғалған/дұрыс көрсетілмеген	1.75 0.40 (0.20, 0.10) 0.35 1.00 (0.50, 0.25, 0.00) (-0.25)
Барлығы	15.00

