

## ფიზიკური საქანი (15 ქულა)

საბოლოოს პასუხების არაშესაბამისი რაოდენობის ციფრებით ჩანერისას დაგაკლდებათ 0.1 ქულა.

### ნაწილი 1: საქანის მახასიათებლების გაზომვა (1 ქულა)

#### 1.1 0.4 ქულა

ფიზიკური საქანის სიგრძე და მისი ცდომილება  $l = 400 \pm 1$  მმ

$l$ სიგრძე სწორადაა დათვლილი	0.2
ცდომილება სწორადაა დათვლილი	0.2

#### 1.2 0.6 ქულა

მექანიკურ საქანზე ნახვრეტების რაოდენობა  $N = 55$

მასათა ცენტრთან ყველაზე ახლოს მყოფი ნახვრეტის ნომერი  $n_c = 28$

ორ მეზობელ ნახვრეტს შორის საშუალო მანძილი  $l_{diff} = 7.24 \pm 0.2$  მმ

$N$ სწორადაა დათვლილი	0.1
$n_c$ სწორადაა დათვლილი	0.1
ორ მეზობელ ნახვრეტს შორის საშუალო მანძილი სწორადაა დათვლილი	0.2
ორ მეზობელ ნახვრეტს შორის საშუალო მანძილის ცდომილება სწორადაა დათვლილი	0.2

### ნაწილი 2: საქანის მასის უხეში შეფასება (1.5 ქულა)

#### 2.1 0.5 ქულა

ეს ნაწილი ბევრნაირად იხსნება. ერთი შესაძლო ვარიანტი: საქანის კიდეში დავამაგროთ ცნობილი მასა. სხვადასხვა ხერხით დავამაგროთ საქანი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და ვიპოვოთ ორი გვერდითა ხერხი რომლებსთვისაც საქანი სხვადასხვა მხარეს გადაიხრება. ეს ნიშნავს, რომ მასათა ცენტრი ამ ხერხებს შორისაა. ხერხებს შორის მანძილის ნახევარი იქნება

მანძილის გაზომვის ცდომილება. ან მასის ცდომილება შეგვიძლია გავზომოთ როგორც მინიმალური და მაქსიმალური მასის სხვაობის ნახევარი.

საქანის მასათა ცენტრის ხვრელიდან მე- $n$  და  $n+1$ -ე ხვრელს შორის ხდება საქანის სხვადასხვა მხარეს გადახრა. შესაბამისად სისტემის (საქანს პლუს ცნობილი მასა) მასათა ცენტრი ან ორ წერტილს შორისაა და შესაბამისად ბერკეტის წონასწორობის პირობიდან საქანის მასაა:

$$m * (n + 1/2) l_{diff} = m_0 * (l/2 - (n + 1/2) l_{diff})$$

$$m = m_0 * \left( \frac{l}{(2n+1) l_{diff}} \right)$$

$$\Delta m = m_0 * l * \left( \frac{1}{2n} - \frac{1}{2n+2} \right) / 2l_{diff} = \frac{lm_0}{4 l_{diff} n(n+1)}$$

მოყვანილია მეთოდი და მათემატიკური ფორმულა მასისთვის	0.3
მოყვანილია მეთოდი და მათემატიკური ფორმულა მასის ცდომილებისთვის	0.2

## 2.2 1 ქულა

მეთდის შესაბამისი ანათვლები სწორადაა აღებული	0.3
საქანის მასა სწორადაა გამოთვლილი (16- 21 გრამის არეში/11- 26 გრამის არეში)	0.5/0.3
საქანის მასის ცდომილება სწორადაა გამოთვლილი	0.2

## ნაწილი 3: საქანის პერიოდის შესწავლა (5 ქულა)

### 3.1 0.5 ქულა

**პირველი შემთხვევა:** დავამაგროთ ცნობილი მასა საქანის მასათა ცენტრში და გავზომოთ რხევის პერიოდი დაკიდების წერტილის ცვლით. ამ შემთხვევაში  $x + x_1 = l/2$  და წრფივი ფორმულაა:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} \frac{(m_0+m)x^2 + ml^2/12}{(m_0+m)x}$$

**მეორე შემთხვევა:** დავკიდოთ საქანი მასათა ცენტრში გამავალ ნახვრეტზე და გავზომოთ რხევის პერიოდები ცნობილი მასის სხვადასხვა ადგილზე დამაგრებისას. ამ შემთხვევაში  $x_1 = l/2$ -ს და წრფივი ფორმულაა:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} \frac{m_0 x^2 + ml^2/12}{m_0 x}$$

პირველი შემთხვევისთვის წრფივი ფორმულა სწორია	0.25
მეორე შემთხვევისთვის წრფივი ფორმულა სწორია	0.25

### 3.2 2 ქულა

არე რაც  $x$ -ით შეგვიძლია დავფაროთ არის 3 სმ - 20 სმ. რადგან 3სმ-ზე მცირე ანათვლებისთვის ფორმულა არაა სამართლიანი და საქანის სიგრძის ნახევარი 20-სმ არის.

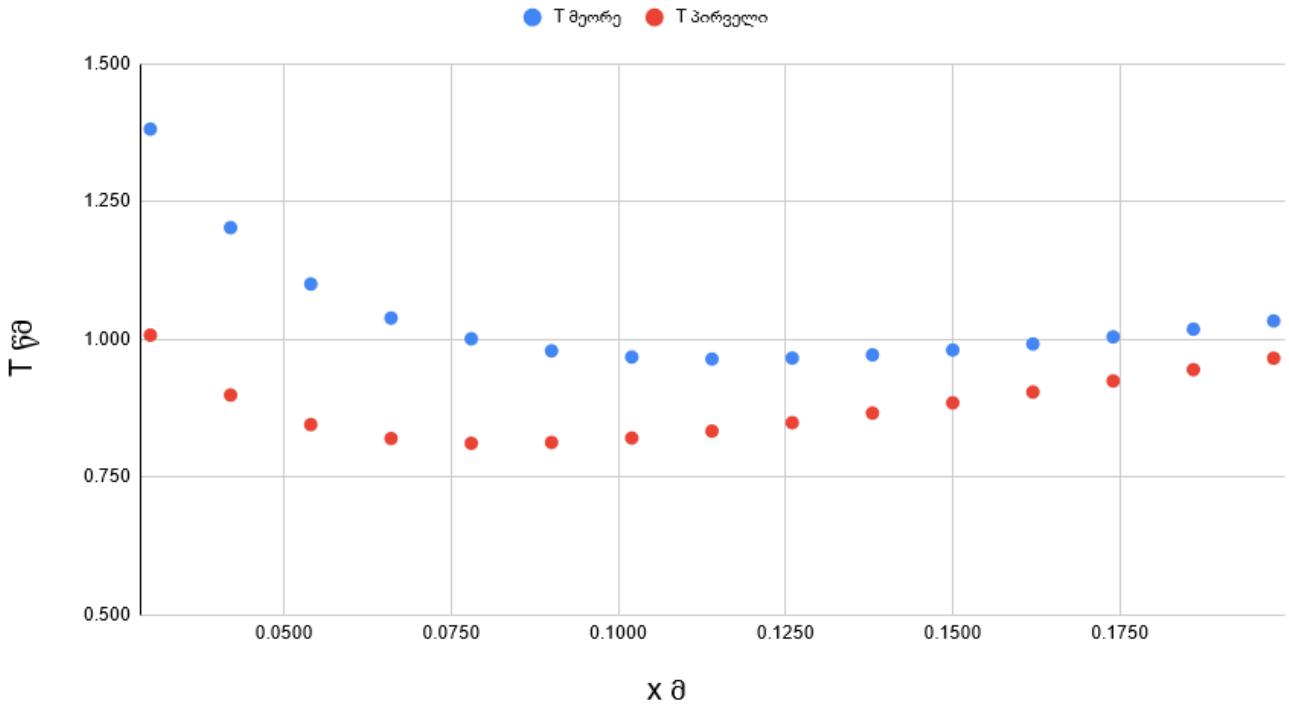
n	x მ	T წმ პირველი შემთხვევა	T წმ მეორე შემთხვევა
1	0.0300	1.007	1.382
2	0.0420	0.899	1.203
3	0.0540	0.845	1.100
4	0.0660	0.820	1.039
5	0.0780	0.811	1.001
6	0.0900	0.813	0.979
7	0.1020	0.821	0.968
8	0.1140	0.833	0.964
9	0.1260	0.849	0.966
10	0.1380	0.866	0.972
11	0.1500	0.885	0.980
12	0.1620	0.904	0.992
13	0.1740	0.924	1.004
14	0.1860	0.945	1.018
15	0.1980	0.966	1.033

გამოთვლები სწორია პირველი შემთხვევისთვის. ანათვლები არეში $N \geq 12, N > 8, N > 4$	1/0.8/0.5
--	-----------

გამოთვლები სწორია მეორე შემთხვევისთვის. ანათვლები არეში $N \geq 12$ , $N > 8$ , $N > 4$	1/0.8/0.5
--	-----------

### 3.3 2.5 ქულა

T პერიოდის x-ზე დამოკიდებულება



პირველი შემთხვევისთვის:

სწორი განზომილებები ღერძებზე, მითითებულია მასშტაბი.	0.15
წერტილების რაოდენობა გრაფიკზე $N \geq 12$ , $N > 8$ , $N > 4$	0.8/0.6/0.2
წერტილები გრაფიკის 1/2-ზე მეტზეა მიმობნეული	0.3

მეორე შემთხვევისთვის:

სწორი განზომილებები ღერძებზე, მითითებულია მასშტაბი.	0.15
წერტილების რაოდენობა გრაფიკზე $N \geq 12$ , $N > 8$ , $N > 4$	0.8/0.6/0.2
წერტილები გრაფიკის 1/2-ზე მეტზეა მიმობნეული	0.3

### ნაწილი 4: საქანის მასის ზუსტი შეფასება (7.5 ქულა)

4.1 0.6 ქულა

ერთერთი შესაძლო ვარიანტი:

პირველი შემთხვევა:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} \frac{(m_0+m)x^2 + ml^2/12}{(m_0+m)x}$$

$$x^2 = \frac{g}{4\pi^2} T^2 x - \frac{m}{m_0+m} \frac{l^2}{12}$$

მეორე შემთხვევა:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} \frac{m_0x^2 + ml^2/12}{m_0x}$$

$$x^2 = \frac{g}{4\pi^2} T^2 x - \frac{m}{m_0} \frac{l^2}{12}$$

წრფივი გამოსახულება სწორია	0.6
----------------------------	-----

4.2 - 4.3 2.0 ქულა + 1.0 ქულა

განვიხილოთ მეორე შემთხვევა გასაზომად:

გაზომვისას ვაკვირდებით რამდენიმე რხევას და ვითვლით საშუალო პერიოდს.

n	ხვეტი	x მ	T წმ	x <sup>2</sup> მ <sup>2</sup>	T <sup>2</sup> x წმ <sup>2</sup> მ
1	4	0.0291	1.248	0.00084	0.0451
2	6	0.0434	1.078	0.00194	0.0511
3	8	0.0582	0.992	0.00335	0.0570
4	9	0.0649	0.956	0.00429	0.0598
5	10	0.0726	0.936	0.00528	0.0636
6	11	0.0801	0.918	0.00650	0.0680
7	12	0.0867	0.910	0.00770	0.0727
8	14	0.1017	0.902	0.01046	0.0832
9	16	0.1160	0.905	0.01352	0.0953
10	18	0.1303	0.928	0.01683	0.1116
11	20	0.1452	0.931	0.02076	0.1248
12	22	0.1594	0.953	0.02518	0.1441

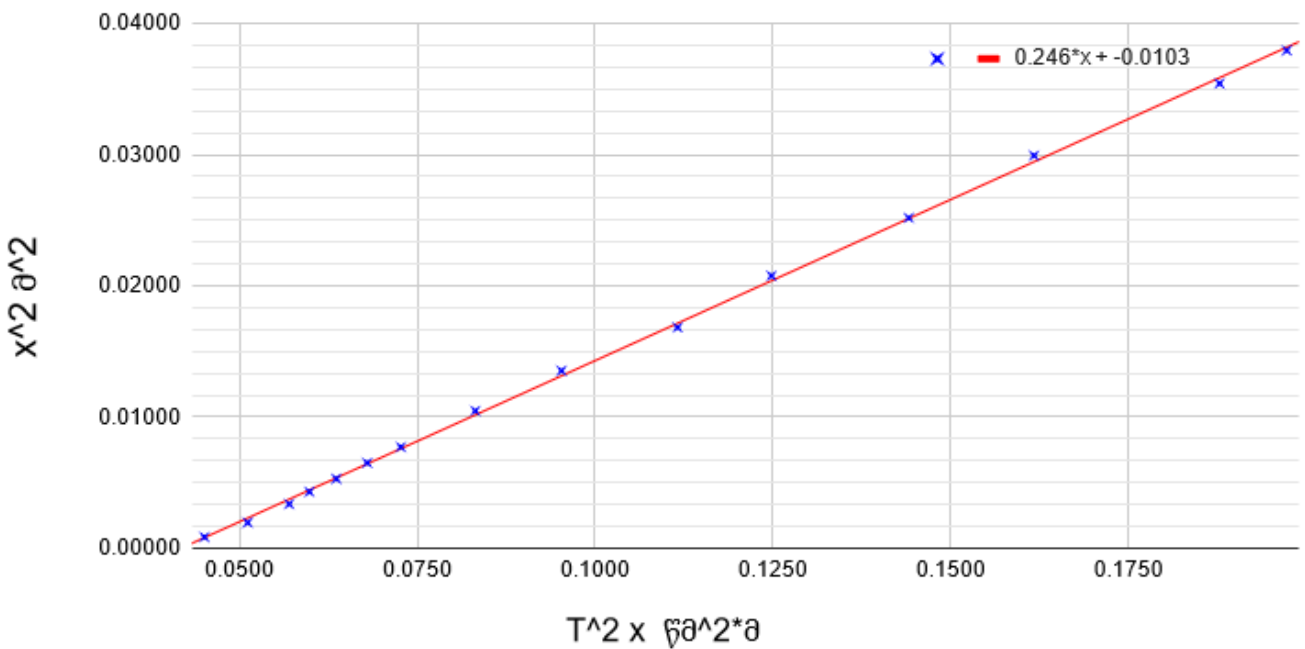
13	24	0.1737	0.967	0.02994	0.1617
14	26	0.1887	0.999	0.03543	0.1878
15	27	0.1959	1.006	0.03796	0.1972

პერიოდის გაზომვისას 10 ან მეტი რხევა არის გამოყენებული	0.2
ანათვლების რაოდენობა $N \geq 12, N > 8, N > 4$	1.5/1/0.5
წერტილები ფარავს სრულ გასაზომ არეს	0.3

ანათვლების რაოდენობა სწორია პირველი ცვლადისთვის $N \geq 12, N > 8, N > 4$	0.5/0.3/0.1
ანათვლების რაოდენობა სწორია მეორე ცვლადისთვის $N \geq 12, N > 8, N > 4$	0.5/0.3/0.1

4.4 1.5 ქულა

მეორე შემთხვევა:



სწორი განზომილებები ღერძებზე, მითითებულია მასშტაბი	0.1
წერტილების რაოდენობა გრაფიკზე $N \geq 12, N > 8, N > 4$	0.6/0.4/0.2
წერტილები გრაფიკის 1/2-ზე მეტზეა მიმობნეული	0.2
წერტილებს მითითებული აქვს ცდომილების არეები.	0.2/0.1

ყველა ცდომილება სხვადასხვაა / ყველა ცდომილება ერთნაირია	
შესაბამისი დახრის ნრფე დახატულია გრაფიკზე. ნრფეში გათვალისწინებულია მხოლოდ სასურველი არის ნერტილები და ცდომილებები/ ნრფეში არაა გათვალისწინებული არე ან ცდომილებები.	0.4/0.3

4.5 1.2 ქულა

$$x^2 = \frac{g}{4\pi^2} T^2 x - \frac{m}{m_0} \frac{l^2}{12}$$

$$b = \frac{g}{4\pi^2} = 0,246$$

გრაფიკზე ორი ნრფის გავლებით  $b_{max} = 0.252$  ,  $b_{min} = 0.243$  შესაბამისად  $g = 9.76 \pm 0.18$

$g$ სწორადაა გამოთვლილი გრაფიკის გამოყენებით (9.5-10.1 არეში, 9.0-10.6 არეში)	0.4/0.2
$g$ სწორადაა გამოთვლილი კალკულატორის გამოყენებით (9.5-10.1 არეში, 9.0-10.6 არეში)	0.4/0.2
ცდომილება სწორადაა გამოთვლილი გრაფიკის ან კალკულატორის გამოყენებით	0.4

4.6 1.2 ქულა

$$a = \frac{m}{m_0} \frac{l^2}{12}$$

გრაფიკზე ორი ნრფის გავლებით  $a_{max} = 0.0110$  ,  $a_{min} = 0.0102$  შესაბამისად  $m = 18.4 \pm 0,7$  გ

$m$  სასწორით გაზომილი არის 18.4 გრამი.

$m$ სწორადაა გამოთვლილი გრაფიკის გამოყენებით (16- 21 გრამის არეში/11- 26 გრამის არეში)	0.4/0.2
$m$ სწორადაა გამოთვლილი კალკულატორის გამოყენებით. (16- 21 გრამის არეში/11- 26 გრამის არეში)	0.4/0.2
ცდომილება სწორადაა გამოთვლილი გრაფიკის ან კალკულატორის გამოყენებით	0.4

IPHO 2023

ნაკრების შესარევი

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო  
ექსპერიმენტული გური

---