

**Решение экспериментального тура
республиканской олимпиады по физике-2022
9 класс (15 баллов)**

Движение карандаша вдоль наклонной плоскости (10 баллов)

1) Находим среднее четырех измерений для каждого из углов

Таблица 1.

l , см	$\langle t \rangle$, с
10	0.88
20	1.68
30	2.70
40	3.46
50	4.33
60	5.26

Таблица 2.

l , см	$\langle t \rangle$, с
10	0.95
20	2.01
30	3.10
40	4.18
50	5.16
60	6.15

Таблица 3.

l , см	$\langle t \rangle$, с
10	1.14
20	2.21
30	3.54
40	4.55
50	5.64
60	6.90

[1 балл за каждую таблицу]

По вычисленным точкам строим график для каждого из углов, получаем прямые для всех трех графиков



[1 балл за каждый график]

2) Используем МНК для нахождения скорости v (градиент графика) для каждого из углов

$$v_1 = 11.42 \pm 0.43 \text{ см/с} \quad [0.5 \text{ балла}]$$

$$v_2 = 9.58 \pm 0.21 \text{ см/с} \quad [0.5 \text{ балла}]$$

$$v_3 = 8.72 \pm 0.24 \text{ см/с} \quad [0.5 \text{ балла}]$$

Подставляем значение скорости в нашу зависимость $A = \frac{v}{\sin \alpha}$

$$A_1 = 181.4 \pm 6.8 \text{ см/с} \quad [0.5 \text{ балла}]$$

$$A_2 = 177.1 \pm 3.9 \text{ см/с} \quad [0.5 \text{ балла}]$$

$$A_3 = 189.3 \pm 5.2 \text{ см/с} \quad [0.5 \text{ балла}]$$

$$\langle A \rangle = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3} = 182.3 \text{ см/с} \quad [0.5 \text{ балла}]$$

$$\Delta \langle A \rangle = \sqrt{\Delta A_1^2 + \Delta A_2^2 + \Delta A_3^2} = 9.4 \text{ см/с} \quad [0.5 \text{ балла}]$$

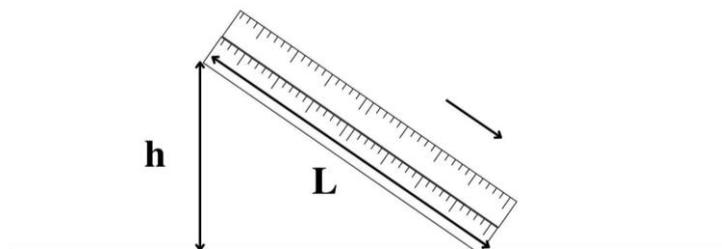
Содержание		
	Всего за пункт	Баллы
<p style="text-align: center;">Таблица (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Совпадают 6 значений - Совпадают 4-5 значений - Совпадают 3 и меньше значений 	1 балл	1 0.7 0.3
<p style="text-align: center;">Таблица (2)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Совпадают 6 значений - Совпадают 4-5 значений - Совпадают 3 и меньше значений 	1 балл	1 0.7 0.3
<p style="text-align: center;">Таблица (3)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Совпадают 6 значений - Совпадают 4-5 значений - Совпадают 3 и меньше значений 	1 балл	1 0.7 0.3
<p style="text-align: center;">График (3)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Оси оцифрованы - Точки указаны верно - Проведена прямая между точками 	1 балл	0.2 0.4 0.4
<p style="text-align: center;">График (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Оси оцифрованы - Точки указаны верно - Проведена прямая между точками 	1 балл	0.2 0.4 0.4
<p style="text-align: center;">График (5)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Оси оцифрованы - Точки указаны верно - Проведена прямая между точками 	1 балл	0.2 0.4 0.4

v_1 - Ответ 11.20-11.60 - Ответ 11.00-12.00 - Погрешность 0.40-0.50 - Погрешность 0.37-0.53	0.5 балла 0.25 – ответ 0.25 – погрешность	0.25 0.1 0.25 0.1
v_2 - Ответ 9.40-9.80 - Ответ 9.2-10.0 - Погрешность 0.15-0.25 - Погрешность 0.12-0.27	0.5 балла 0.25 – ответ 0.25 – погрешность	0.25 0.1 0.25 0.1
v_3 - Ответ 8.50-8.90 - Ответ 8.30-9.10 - Погрешность 0.15-0.25 - Погрешность 0.12-0.27	0.5 балла 0.25 – ответ 0.25 – погрешность	0.25 0.1 0.25 0.1
A_1 - Ответ 179.0-183.0 - Ответ 177.0-185.0 - Погрешность 6.5-7.1 - Погрешность 6.2-7.4	0.5 балла 0.25 – ответ 0.25 – погрешность	0.25 0.1 0.25 0.1
A_2 - Ответ 175.0-179.0 - Ответ 173.0-181.0 - Погрешность 3.6-4.2 - Погрешность 3.3-4.5	0.5 балла 0.25 – ответ 0.25 – погрешность	0.25 0.1 0.25 0.1
A_3 - Ответ 187.0-191.0 - Ответ 185.0-193.0 - Погрешность 4.9-5.5 - Погрешность 4.6-5.8	0.5 балла 0.25 – ответ 0.25 – погрешность	0.25 0.1 0.25 0.1
$\langle A \rangle$ - Ответ 180.0-193.0 - Ответ 178.0-195.0	0.5 балла	0.5 0.25
$\Delta \langle A \rangle$ - Погрешность 9.1-9.7 - Погрешность 8.8-10.0	0.5 балла	0.5 0.25
	ВСЕГО: 10.0	

Примечание: Если оси не подписаны, то баллы за график не ставятся! В случае если не приведен способ расчета погрешности, то баллы за погрешность не ставятся.

Две линейки (5 баллов)

Определим коэффициент трения линейки об линейку, наклоняя две линейки до тех пор, пока верхняя не начнет соскальзывать



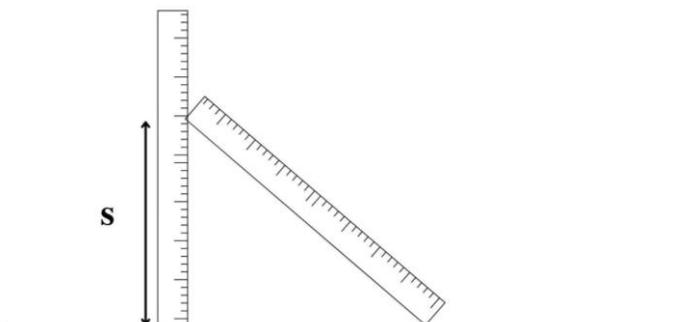
С помощью тех же линеек измерим h и L . В момент, когда линейка только начинает движение она проходит положение равновесия

$$\mu_1 mg \cos \alpha = mg \sin \alpha, \text{ где } \alpha \text{ – угол между горизонталью} \quad (1) \quad [0.5 \text{ балла}]$$

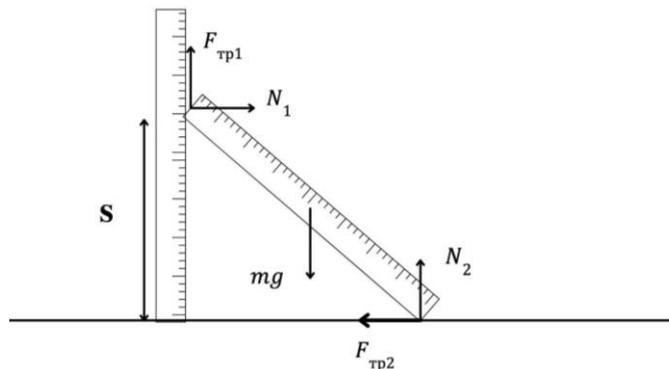
$$\mu_1 = \tan \alpha \quad (2) \quad [0.5 \text{ балла}]$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{\sqrt{L^2 - h^2}} \quad (3) \quad [0.5 \text{ балла}]$$

Для определения коэффициента трения линейки о стол, расположим одну линейку вертикально, а другую будем облакачивать на вторую до тех пор пока она не начнет соскальзывать



В момент, когда линейка только начнет соскальзывать она находится в положении равновесия



Записываем равенство сил

$$mg = N_2 + \mu_1 N_1 \quad (4) \quad [0.5 \text{ балла}]$$

$$N_1 = \mu_2 N_2 \quad (5) \quad [0.5 \text{ балла}]$$

Записываем момент сил относительно верхней точки соприкосновения

$$mg \frac{L}{2} \cos \beta + \mu_2 N_2 s = N_2 L \cos \beta, \text{ где } \beta - \text{ угол с горизонталью} \quad (6) \quad [0.5 \text{ балла}]$$

Используем геометрические размеры чтобы определить угол β

$$\sin \beta = \frac{s}{L} \quad (7) \quad [0.5 \text{ балла}]$$

Преобразуем уравнение (6) и подставим (5) в (4)

$$mgL \cos \beta = 2N_2(L \cos \beta - \mu_2 s)$$

$$mg = N_2(1 + \mu_1 \mu_2)$$

Поделим оба уравнения друг на друга

$$(1 + \mu_1 \mu_2)L \cos \beta = 2(L \cos \beta - \mu_2 s)$$

$$\mu_2 = \frac{L \cos \beta}{\mu_1 L \cos \beta + 2s} \quad (8) \quad [0.5 \text{ балла}]$$

$$\mu_2 = \frac{L \frac{\sqrt{L^2 - s^2}}{L}}{\frac{h}{\sqrt{L^2 - h^2}} * L * \frac{\sqrt{L^2 - s^2}}{L} + 2s} = \frac{\sqrt{L^2 - s^2}}{h * \frac{\sqrt{L^2 - s^2}}{\sqrt{L^2 - h^2}} + 2s} \quad (9) \quad [1 \text{ балл}]$$

Содержание	
	Баллы
Формула (1): $\mu_1 mg \cos \alpha = mg \sin \alpha$	0.5
Формула (2): $\mu_1 = tg \alpha$	0.5
Формула (3): $tg \alpha = \frac{h}{\sqrt{L^2 - h^2}}$	0.5
Формула (4): $mg = N_2 + \mu_1 N_1$	0.5
Формула (5): $N_1 = \mu_2 N_2$	0.5
Формула (6): $mg \frac{L}{2} \cos \beta + \mu_2 N_2 s = N_2 L \cos \beta$	0.5
Формула (7): $\sin \beta = \frac{s}{L}$	0.5
Формула (8): $\mu_2 = \frac{L \cos \beta}{\mu_1 L \cos \beta + 2s}$	0.5
Формула (9): $\mu_2 = \frac{\sqrt{L^2 - s^2}}{h * \frac{\sqrt{L^2 - s^2}}{\sqrt{L^2 - h^2}} + 2s}$	1.0
ВСЕГО: 5.0	