



Республиканская физическая олимпиада 2025 года (Заключительный этап)

Экспериментальный тур

Решения задач 9 класс (для жюри)

Уважаемые члены жюри!

Задачи, предложенные школьникам для решения на олимпиаде, не стандартные и достаточно сложные. Предложенные здесь варианты путей решений не являются единственно возможными. Участники олимпиады могут предложить свои способы решения. Если эти способы приводят к правильным ответам и физически обоснованы, то задача (или ее отдельные пункты) должны оцениваться максимальными баллами.

Не забывайте, что Вы должны оценивать не только конечные ответы, но и отдельные правильные шаги в ходе решения!



***Не жалейте баллов (если, конечно, есть за что!) для наших
замечательных школьников!***

Задание 1. Квадратная вертушка (Решение).

1. На основании закона равноускоренного движения запишем значения координат тела в два различных момента времени

$$x_1 = v_0 t_1 + \frac{a}{2} t_1^2 \quad (1)$$

$$x_2 = v_0 t_2 + \frac{a}{2} t_2^2$$

Из этой системы уравнений, избавляясь от неизвестной (да и ненужной) начальной скорости, получаем формулу для расчета ускорения

$$a = 2 \frac{\frac{x_2}{t_2} - \frac{x_1}{t_1}}{t_2 - t_1}. \quad (2)$$

2. Ниже приведены Таблицы результатов измерений.

Движение вниз.

Координаты точек фиксации времени $x_1 = -10 \text{ см}$, $x_2 = -20 \text{ см}$.

Таблица результатов измерений времен и расчета ускорений. Для каждой массы груза проведено 3 измерения, для них рассчитаны ускорения, после чего найдено его среднее значение $\langle a \rangle$. Ниже построен требуемый график зависимости ускорения оси вертушки от массы подвешенного груза.

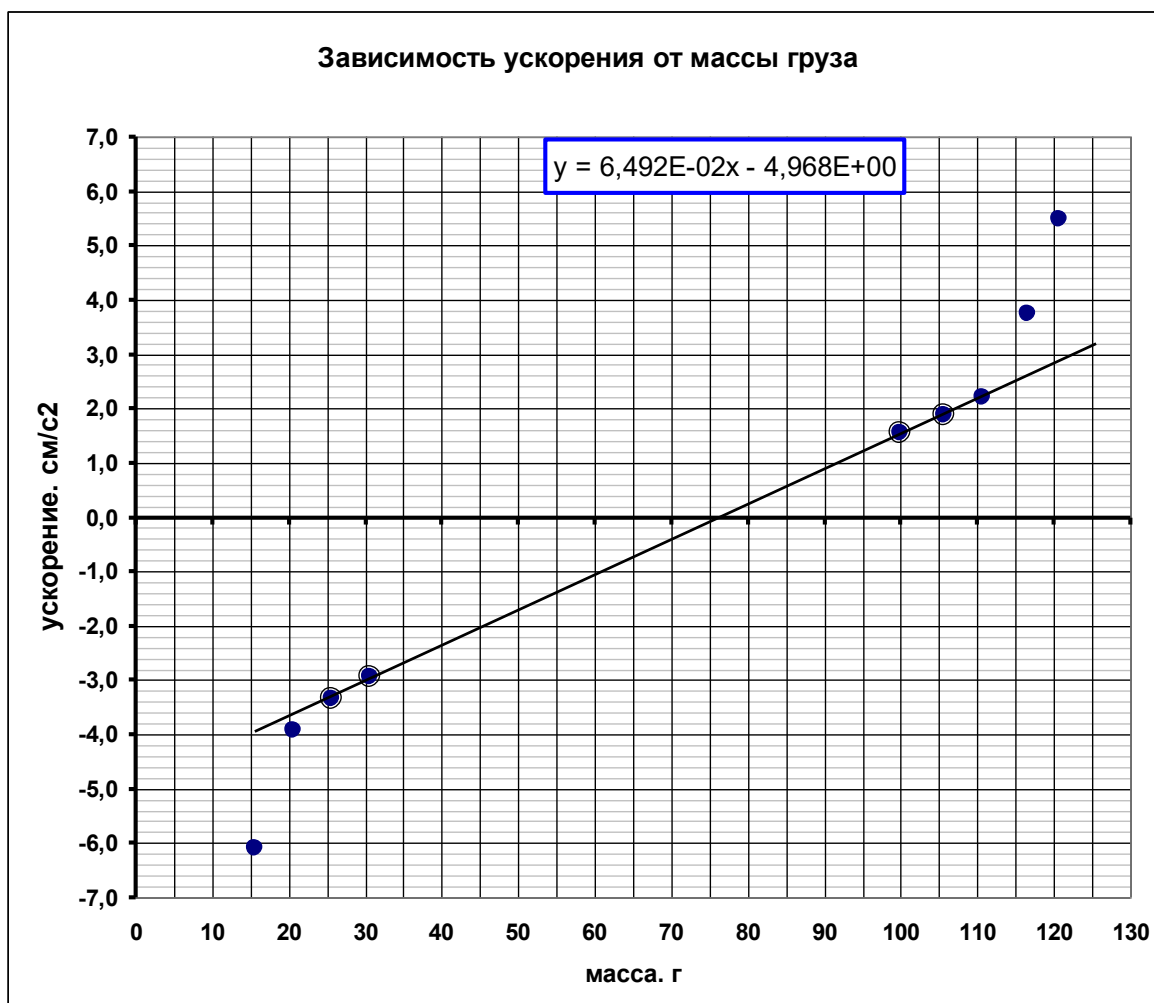
$m, \text{ г}$	$t_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$a, \text{ см/с}^2$	$\langle a \rangle, \text{ см/с}^2$
11,6	1,19	1,80	-8,878	-9,173
	1,40	1,98	-10,201	
	1,28	1,91	-8,440	
15,6	1,43	2,18	-5,817	-6,086
	1,38	2,10	-6,326	
	1,38	2,11	-6,116	
20,6	1,39	2,30	-3,300	-3,910
	1,53	2,40	-4,132	
	1,48	2,33	-4,299	
25,6	1,68	2,63	-3,478	-3,348
	1,63	2,61	-3,118	
	1,73	2,69	-3,447	
30,6	1,91	2,97	-2,827	-2,939
	1,94	2,97	-3,067	
	1,94	2,99	-2,923	

Движение вниз.

Координаты точек фиксации времени $x_1 = 10 \text{ см}$, $x_2 = 20 \text{ см}$.

Таблица результатов измерений времен и расчета ускорений.

$m, \text{г}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$a, \text{см/с}^2$	$\langle a \rangle, \text{см/с}^2$
120,6	1,14	1,84	5,993	5,481
	1,12	1,80	6,419	
	1,08	1,85	4,030	
115,6	0,96	1,70	3,643	3,755
	0,95	1,69	3,535	
	0,98	1,71	4,087	
110,6	0,91	1,69	2,167	2,216
	0,88	1,66	1,755	
	0,92	1,68	2,724	
105,6	0,84	1,65	0,534	1,870
	0,84	1,65	0,534	
	0,82	1,57	1,450	
100,0	0,75	1,47	0,756	1,540
	0,77	1,48	1,483	
	0,80	1,50	2,381	



Экспериментальный тур.

9 класс. Решения задач. Бланк для жюри.

3. Отношение радиусов равно отношению длин нитей, намотанных на установку. Измерив длины нитей с помощью мерной ленты, мы нашли, что

$$\frac{R}{r} = 1,60 \quad (3)$$

4. Простое рассмотрение условия равновесия вертушки (см. рис), дает возможность утверждать, что ускорение вертушки будет равно нулю при выполнении условия

$$m(R - r) = Mr \quad (4)$$

Откуда следует, что масса вертушки может быть рассчитана по формуле

$$M = m^{(0)} \left(\frac{R}{r} - 1 \right). \quad (5)$$

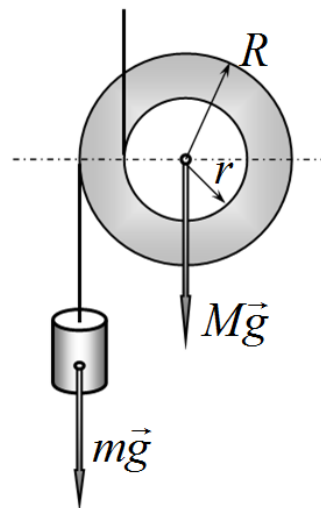
где $m^{(0)}$ - масса груза, при которой его ускорение стремится к нулю

Измерить непосредственно эту массу невозможно.

Поэтому следует на построенном графике следует провести сглаживающую прямую линию, соединяющую обе ветви полученной зависимости (см. график). Конечно, предпочтительнее использовать МНК, однако можно провести ее и «на глаз». Далее следует определить точку ее пересечения с осью абсцисс – и определить искомую массу.

По нашим измерениям эта масса равна $m^{(0)} = 77\text{г}$. Тогда по формуле (5) получаем, что масса вертушки равна

$$M = (30 \pm 5)\text{г}. \quad (6)$$



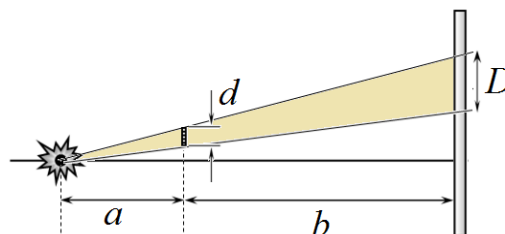
Задание 2. «Интерференция» теней (решение)

Часть 1. Теоретическая.

1.1 Основная идея объяснения и описания наблюдаемого эффекта: каждая лампочка дает на экране свою картину теней, если смещение этих картин равно целому числу периодов изображения, то наблюдается четкая картина теней.

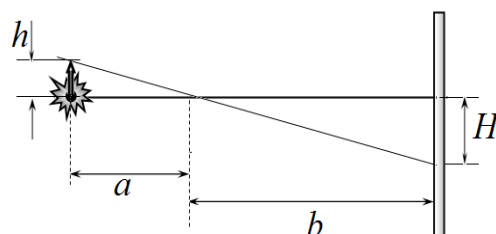
Из рисунка следует, что период тени на экране описывается формулой

$$D = d \frac{a+b}{a}. \quad (1)$$



Из следующего рисунка следует, что смещение теней, созданными двумя лампочками описывается формулой

$$H = h \frac{b}{a}. \quad (2)$$



Условие четкой картинки перекрытия теней имеет вид

$$H = mD \quad (3)$$

Из этих формул следует искомое соотношение

$$h \frac{b}{a} = md \frac{a+b}{a} \Rightarrow \frac{h}{d} = m \frac{a+b}{b}. \quad (4)$$

Из этого соотношения можно легко рассчитать требуемые параметры.

1.2 Параметр m имеет простой смысл – он показывает, на сколько зубьев решетки смещается картина теней при переходе от одной лампочки к другой.

Выразим из формулы (4)

$$m = \frac{h}{d} \frac{b}{a+b}. \quad (5)$$

Так как $\frac{b}{a+b} < 1$, то число возможных положений удовлетворяет неравенству

$$m < \frac{h}{d}. \quad (6)$$

Мы не приводим результаты измерений, так как они сильно зависят от расчески и типа фонарика, которые покупают хозяева олимпиады.

Отметим, что измерения требуют аккуратности и терпения. Методика их проведения подробно изложена в условии задачи. При выполнении рекомендации, изложенных в условии, результаты согласуются с расчетными данными.