

Олимпиада школьников по физике имени Дж. Кл. Максвелла.
Региональный этап. Экспериментальный тур. 24 января 2022 г.
8 класс

Задание Э-8.2. Лови момент

Определите массу m и длину l однородного стержня, находящегося внутри трубки. Приведите вывод расчётных формул для определения m и l .

Приборы и оборудование. Весы электронные; линейка; трубка. Внутри трубки у её торца A , помеченного красной меткой (на фото метка слева), закреплен однородный пыж (длина и масса пыжа указываются дополнительно). Другой конец B трубки заделан изолянтной. В трубке также находится стержень длиной l и массой m , который может в ней свободно перемещаться.

Внимание! 1) Снимать изолянтную с торца трубки запрещено.

2) Спланируйте измерения так, чтобы минимизировать влияние неоднородности (изолянтная на торце B) на результат вычисления m .



Олимпиада школьников по физике имени Дж. Кл. Максвелла.
Региональный этап. Экспериментальный тур. 24 января 2022 г.

8 класс

Возможные решения. У автора задания длина пыжа $z = 68$ мм, а масса $\mu = 2,1$ г.

1) Измерим длину трубки: $L = 400$ мм. Конец трубки A , которого касается пыж, положим на весы. Другой конец B положим на край линейки. К этому же концу сместим стержень. С помощью линейки приподнимем трубку так, чтобы она заняла почти горизонтальное положение, касаясь концом A площадки весов. При этом показание весов $m_1 = 20,5$ г. Затем сместим стержень так, чтобы он упёрся в пыж. Теперь показание весов $m_2 = 29,6$ г. Применим для этих случаев правило моментов (сократив обе части уравнений на g):

$$(1) \quad m_1 L = M \frac{L}{2} + m \frac{l}{2} + \mu \left(L - \frac{z}{2} \right);$$

$$(2) \quad m_2 L = M \frac{L}{2} + m \left(L - z - \frac{l}{2} \right) + \mu \left(L - \frac{z}{2} \right).$$

$$(3) \quad M = M_0 - m - \mu,$$

где $M_0 = (M + m + \mu) = 51,6$ г – масса трубки со стержнем и пыжом, определенная простым взвешиванием. Решая уравнения (1) – (3), получим:

$$(4) \quad m = \frac{L(M_0 + \mu - m_1 - m_2)}{z} - \mu = 19,1 \text{ г.}$$

$$(5) \quad l = \frac{2m_1 L - \mu(2L - z) - ML}{m} = \frac{(2m_1 - 2\mu - M)L + \mu z}{m} \approx 141 \text{ мм.}$$

Реальная масса стержня $m = 18,5$ г.

При таком проведении эксперимента вращающий момент изолянт пренебрежимо мал.

№	Э-8.2. Критерии оценивания (из 20 баллов)	Баллы
1	Измерена масса M_0 трубки с содержимым	1
2	Измерена длина L трубки	1
3	Измерена масса m_1 За однократное измерение	2 1 балл
4	Измерена масса m_2 За однократное измерение	2 1 балл
5	Уравнение (1)	2
6	Уравнение (2)	2
7	Уравнение (3) или найдена масса трубки	1
8	Из решения системы уравнений (1) – (3), получено уравнение (4)	2
9	Получен численный ответ с погрешностью не более 10%	2
10	Получен численный ответ с погрешностью не более 25% ставим 1 балл	
11	Получена формула (5) или аналогичная	3
12	Получен численный ответ с погрешностью не более 10%	2
13	Получен численный ответ с погрешностью не более 25% ставим 1 балл	

Олимпиада школьников по физике имени Дж. Кл. Максвелла.
 Региональный этап. Экспериментальный тур. 24 января 2022 г.
 8 класс

2) Можно установить конец трубки A на ребро линейки, а конец B положить на весы. Написав уравнения аналогичные (1) – (3), получим: $m \approx 22,5$ г. Большое отличие от реального значения массы в этом случае связано с тем, что неучтенная масса заглушки на конце B создаёт вращательный момент, плечо которого равно L , в то время как в предыдущем случае это плечо равно нулю, поэтому такой метод оценивается из **18 баллов**.

№	Э-8.2. Критерии оценивания (из 18 баллов)	Баллы
1	Измерена масса M_0 трубки с содержимым	1
2	Измерена длина L трубки	1
3	Измерена масса m_1 За однократное измерение	1 0 баллов
4	Измерена масса m_2 За однократное измерение	1 0 баллов
5	Уравнение (1)	2
6	Уравнение (2)	2
7	Уравнение (3) или найдена масса трубки	1
8	Из решения системы уравнений (1) – (3), получено уравнение (4)	2
9	Получен численный ответ с погрешностью не более 10%	2
10	Получен численный ответ с погрешностью не более 25% ставим 1 балл	
11	Получена формула (5) или аналогичная	3
12	Получен численный ответ с погрешностью не более 10%	2
13	Получен численный ответ с погрешностью не более 25% ставим 1 балл	

Олимпиада школьников по физике имени Дж. Кл. Максвелла.
 Региональный этап. Экспериментальный тур. 24 января 2022 г.
 8 класс

3) Можно один раз установить конец трубки A на ребро линейки, а конец B положить на весы. Затем, поменять местами концы трубки, сохраняя в ней положение стержня. В этом случае мы имеем промежуточный результат между случаем 1 и 2, поэтому такой метод оценивается из **19 баллов**.

№	Э-8.2. Критерии оценивания (из 19 баллов)	Баллы
1	Измерена масса M_0 трубки с содержимым	1
2	Измерена длина L трубки	1
3	Измерена масса m_1 За однократное измерение	0 или 1 балл
4	Измерена масса m_2 За однократное измерение	1 или 0 баллов
5	Уравнение (1)	2
6	Уравнение (2)	2
7	Уравнение (3) или найдена масса трубки	1
8	Из решения системы уравнений (1) – (3), получено уравнение (4)	2
9	Получен численный ответ с погрешностью не более 10%	2
10	Получен численный ответ с погрешностью не более 25% ставим 1 балл	
11	Получена формула (5) или аналогичная	3
12	Получен численный ответ с погрешностью не более 10%	2
13	Получен численный ответ с погрешностью не более 25% ставим 1 балл	