



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2023/24 г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
ФИЗИКА
8 класс

Ключи ответов и критерии оценивания

Задача 1. «На эскалаторе» (10 баллов)

Эскалатор метро движется со скоростью u . Пассажир заходит на эскалатор и начинает идти по его ступеням следующим образом: делает шаг на одну ступеньку вперёд и два шага по ступенькам назад. При этом он добирается до другого конца эскалатора за время t_1 . Через какое время t_2 пассажир доберется до конца эскалатора, если он пойдёт другим способом: два шага вперёд и один шаг назад? Скорость пассажира относительно эскалатора при движении вперёд и назад одинакова и равна v . Считайте, что размеры ступеньки много меньше длины эскалатора.

Возможное решение. Пусть один шаг занимает время τ . Тогда при варианте движения «один шаг вперёд и два шага назад» за время 3τ пассажир смещается относительно земли на расстояние $S_1 = 3\tau u - v\tau$. Средняя скорость движения пассажира в этом случае:

$$v_{\text{ср1}} = \frac{S_1}{3\tau} = \frac{L}{t_1}, \quad (1)$$

где L – длина эскалатора. Отсюда

$$L = \frac{S_1 t_1}{3\tau} = \frac{(3u - v)t_1}{3} \quad (2)$$

Из этой формулы видно, что при $v \geq 3u$ пассажир не сможет достичь противоположного конца эскалатора. При варианте движения «два шага вперёд и один шаг назад» за время 3τ пассажир смещается относительно земли на $S_2 = 3\tau u + v\tau$. Аналогично предыдущему случаю,

$$v_{\text{ср2}} = \frac{S_2}{3\tau} = \frac{L}{t_2}.$$

С учётом выражения (2) для L получаем:

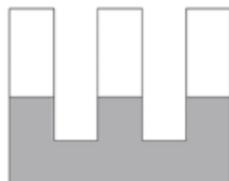
$$t_2 = \frac{3\tau L}{S_2} = \frac{3L}{3u + v} = \frac{(3u - v)t_1}{3u + v}.$$

Критерии оценивания:

- Найдено соотношение (1) – 3 балла
- Получено выражение для длины эскалатора (2) – 3 балла
- Получен верный ответ для t_2 – 4 балла

Задача 2. «Сообщающиеся сосуды» (10 баллов)

В сосуде, показанном на рисунке, находится ртуть. Горизонтальные сечения трубок одинаковы. В левую трубку налили воду, высота столба которой $h = 80$ мм, а в правую – масло, образовавшее столб некоторой высоты h_0 . После этого в средней трубке уровень ртути поднялся на $\Delta h = 5$ мм. Найдите высоту h_0 столба масла, налитого в правую трубку. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, масла – $\rho_0 = 800$ кг/м³, ртути – $\rho_1 = 13600$ кг/м³.

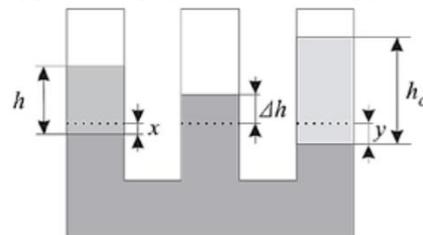


Возможное решение. Пусть после наливания воды и масла уровень ртути в левой трубке понизился на x , а в правой на y (см. рис.). Тогда можно записать следующие условия равновесия столбов жидкостей:

$$\rho_0 g h = \rho_1 g (\Delta h + x) \quad \text{и} \quad \rho_0 g h_0 = \rho_1 g (\Delta h + y).$$

Очевидно, что $x + y = \Delta h$ (жидкости несжимаемые). Решая полученную систему уравнений, получаем:

$$h_0 = \frac{3\rho_1 \Delta h - \rho h}{\rho_0} = 155 \text{ мм.}$$



Критерии оценивания:

- Записано условие равновесие жидкостей в правом и среднем коленах – 3 балла
- Записано условие равновесие жидкостей в левом и среднем коленах – 3 балла
- Учтено, что $x + y = \Delta h$ – 2 балла
- Правильный ответ – 2 балла

Задача 3. «Горячий шарик» (10 баллов)

В цилиндрический стакан налита вода до уровня $h_0 = 10$ см при температуре $t_0 = 0$ °С. В стакан бросают алюминиевый шарик, который достали из другого сосуда с водой, кипящей при температуре $t_k = 100$ °С. При этом уровень воды повышается на $x = 1$ см. Какой будет установившаяся температура в стакане? Удельные теплоёмкости воды и алюминия $c_B = 4200$ Дж/(кг·°С) и $c_A = 920$ Дж/(кг·°С), плотности воды и алюминия $\rho_B = 1000$ кг/м³ и $\rho_A = 2700$ кг/м³.

Возможное решение. Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_B m_B (t - t_0) = c_A m_A (t_k - t),$$

где m_B – масса воды, m_A – масса алюминия.

Учтем, что $m_B = \rho_B V_B = \rho_B S h_0$, где S – площадь сечения цилиндрического стакана. После погружения алюминиевого шарика в воду алюминиевый шарик пошел на дно, т.к. $\rho_A > \rho_B$. Объем жидкости, вытесненный шариком, будет равен собственному объему шарика $V_A = Sx$, а

$$m_A = \rho_A V_A = \rho_A Sx.$$

Подставляя m_B и m_A в уравнение теплового баланса, получим:

$$c_B \rho_B S h_0 (t - t_0) = c_A \rho_A S x (t_k - t),$$

откуда найдем:

$$t = \frac{c_A \rho_A x t_k + c_B \rho_B h_0 t_0}{c_B \rho_B h_0 + c_A \rho_A x} = 5,6 \text{ °С.}$$

Критерии оценивания:

- Записано уравнение теплового баланса – 2 балла
- Выражение для массы воды – 2 балла
- Выражение для массы шарика – 3 балла
- Получен верный ответ – 3 балла

Задача 4. «Взвешивание» (10 баллов)

Груз неизвестной массы m взвешивают, уравновесивая его гирькой с известной массой M на концах тяжёлого прямого коромысла. Равновесие достигается, когда точка опоры коромысла смещается от его середины на $x = 1/4$ его длины в сторону гирьки. В отсутствие же груза на втором плече коромысло остаётся в равновесии при смещении его точки опоры

от середины в сторону гирьки на $y = 1/3$ его длины. Считая коромысло однородным по длине, найдите массу взвешиваемого груза m .

Возможное решение. Для решения задачи воспользуемся правилом рычага. При взвешивании груза неизвестной массы m на плечи коромысла длины L действуют силы mg , Mg и $m_k g$, где m_k – масса коромысла. Плечи этих сил относительно оси, проходящей через точку опоры перпендикулярно плоскости рисунка, равны $(0,5 + x)L$, $(0,5 - x)L$ и xL соответственно.

Условие равновесия рычага имеет вид:

$$mg(0,5 + x)L + m_k g x L = Mg(0,5 - x)L,$$

откуда:

$$m = \frac{M(0,5 - x) - m_k x}{0,5 + x}. \quad (1)$$

Рассмотрим теперь второе взвешивание (без груза неизвестной массы), которое позволит нам найти массу коромысла. Плечи сил Mg и $m_k g$ будут теперь равны $(0,5 - y)L$ и yL соответственно. Тогда условие равновесия рычага даёт:

$$m_k g y L = Mg(0,5 - y)L,$$

откуда:

$$m_k = \frac{M(0,5 - y)}{y} = \frac{M(0,5 - y)}{y} = \frac{M}{2}.$$

Подставляя значение m_k в уравнение (1), найдем, что $m = M/6$.

Критерии оценивания:

- Правильно изображены силы, действующие на коромысло в 2-х случаях – 2 балла
- Записано правило рычага с грузом – 2 балла
- Записано правило рычага без груза – 2 балла
- Определена масса коромысла – 2 балла
- Получен правильный ответ для массы груза – 2 балла

