

**Муниципальный этап
всероссийской олимпиады школьников
по физике
2020/21 учебный год
8 класс**

Возможные решения и критерии оценивания

Задача 1

Эскалатор метро движется со скоростью v . 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 . Через какое время пассажир добрался бы до конца эскалатора, если бы шёл другим способом: делал два шага вперёд и один шаг назад? Скорость пассажира относительно эскалатора при движении вперёд и назад одинакова и равна u . 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 $S_1 = 3\tau v - u\tau$. Средняя скорость движения пассажира

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

где L — длина эскалатора.

$$L = \frac{3v - u}{3}t. \quad (2)$$

Отсюда

Из этой формулы видно, что при $u \geq 3v$ 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 $S_2 = 3\tau v + u\tau$. Аналогично предыдущему случаю,

$$v_{\text{ср2}} = \frac{S_2}{3\tau} = \frac{L}{t_1},$$

где t_1 — искомое время. С учётом выражения для L получаем:

$$t_1 = \frac{3v - u}{3v + u}t.$$

Критерии оценивания

Записано уравнение (1)	3 балла
Записано уравнение (2)	3 балла
Правильно проделаны математические преобразования	3 балла
Получен правильный ответ	1 балл
Всего за задачу 10 баллов	

Задача 2

Система из двух сообщающихся вертикальных цилиндров, заполненных жидкостью плотностью ρ , закрыта поршнями массами M_1 и M_2 . В положении равновесия поршни находятся на одной высоте. Если на поршень массой M_1 положить груз массой m , то поршень массой M_2 поднимется после установления равновесия на высоту h относительно начального положения. На какую высоту относительно начального положения равновесия поднимется поршень массой M_1 , если груз массой m положить на поршень массой M_2 ? Трения нет.

Возможное решение

Пусть после того, как на поршень массой M_1 положили груз массой m , этот поршень опустился на расстояние Δh_1 , а второй поршень поднялся на высоту Δh_2 относительно начального положения. При этом перепад уровней жидкости в сосудах будет равен $\Delta h_1 + \Delta h_2$, а разность давлений, создаваемая этим перепадом уровней, будет компенсироваться добавочным давлением, которое создаёт груз массой m , лежащий на первом поршне. Отсюда получаем уравнение:

$$\rho g(\Delta h_1 + \Delta h_2) = mg/S_1. \quad (1)$$

Здесь S_1 — площадь поршня массой M_1 .

Далее, так как объём жидкости под поршнями не изменился, то справедливо соотношение:

$$S_1 \Delta h_1 = S_2 \Delta h_2, \quad (2)$$

где S_2 — площадь поршня массой M_2 .

Выражая из второго уравнения величину Δh_1 и подставляя её в первое уравнение, найдём высоту, на которую поднимется поршень массой M_2 :

$$\Delta h_2 = \frac{m}{\rho(S_1 + S_2)}. \quad (3)$$

По условию задачи эта величина равна h .

Пусть теперь груз массой m положили на поршень массой M_2 . Проводя аналогичные рассуждения, можно честно найти высоту $\Delta h'_1$, на которую при

этом поднимется поршень массой M_1 . Однако, зная выражение для Δh_2 , ответ можно просто угадать. Действительно, в рассматриваемой системе всё равно, какой поршень считать «первым», а какой - «вторым». Значит, для того, чтобы получить ответ, можно просто перенумеровать все величины в последней формуле, то есть заменить все индексы «1» на индексы «2», и наоборот. В итоге получим

$$\Delta h'_1 = \frac{m}{\rho(S_2 + S_1)} = \Delta h_2 = h. \quad (4)$$

Итак, если положить груз массой m на поршень массой M_2 , то поршень массой M_1 поднимется относительно начального положения на такую же высоту h , на какую поднимался поршень массой M_2 , когда груз массой m клали на поршень массой M_1 .

Критерии оценивания

Записано уравнение (1)	3 балла
Записано уравнение (2)	2 балла
Записано уравнение (3)	3 балла
Записано уравнение (4)	2 балла

Всего за задачу 10 баллов

Задача 3

На прямой дороге находятся велосипедист, мотоциклист и пешеход между ними. В начальный момент времени расстояние от пешехода до велосипедиста в 2 раза меньше, чем до мотоциклиста. Велосипедист и мотоциклист начинают двигаться навстречу друг другу со скоростями 20 км/ч и 60 км/ч соответственно. В какую сторону и с какой скоростью должен идти пешеход, чтобы встретиться с велосипедистом и мотоциклистом в месте их встречи?

Возможное решение

Обозначим расстояние между велосипедистом и мотоциклистом S , а скорость пешехода v . Далее задачу можно решать двумя способами — с помощью составления системы уравнений и графически. Рассмотрим оба способа.

1. Составим систему уравнений. Пусть велосипедист, мотоциклист и пешеход встретятся через время t . Предположим, что пешеход идёт по направлению к велосипедисту. До момента встречи мотоциклист проедет

путь $60t$, а велосипедист — путь $20t$. Так как вначале расстояние между ними было равно S , то получаем уравнение:

$$60t + 20t = S$$

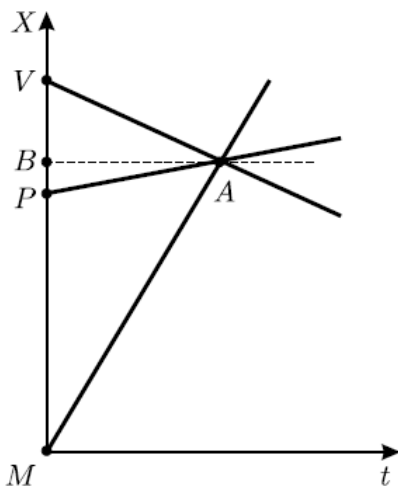
Второе уравнение можно получить, рассмотрев встречу пешехода с велосипедистом или с мотоциклистом. В начальный момент времени расстояние между мотоциклистом и пешеходом было равно $2S/3$, а между велосипедистом и пешеходом $S/3$. Так как встреча произошла через время t , то справедливы соотношения:

$$\frac{2S}{3} + vt = 60t,$$
$$\frac{S}{3} - vt = 20t.$$

Легко видеть, что полученная система трёх уравнений не позволяет найти время t и начальное расстояние S . Однако, скорость пешехода v из неё найти можно, причём для нахождения v достаточно решить только два любых уравнения из числа имеющихся. Это связано с тем, что велосипедист, мотоциклист и пешеход встречаются в одной точке. Выражая из любого уравнения величину S и подставляя её в два оставшихся уравнения, находим скорость пешехода:

$$v = \frac{20}{3} \approx 6,7 \text{ км/ч.}$$

Скорость получилась положительной. Это означает, что мы вначале правильно решили, что пешеход идёт по направлению к велосипедисту. Если бы мы ошиблись и предположили, что пешеход идёт в обратную сторону, то два последних уравнения изменились бы, и в результате мы бы получили величину скорости $v \approx -6,7 \text{ м/с}$. Знак минус показывал бы, что на самом деле пешеход идёт в обратную сторону.



2. Графический способ решения задачи более нагляден. Начертим графики зависимости положения мотоциклиста, велосипедиста и пешехода от времени в одной системе координат ($X-t$) и обозначим их начальные положения буквами M , V и P соответственно (см. рис.). За начало координат выберем положение мотоциклиста, а за момент начала отсчёта времени — начало движения. Так как движение происходит с постоянной скоростью, то графики будут представлять собой прямые линии, пересекающиеся в некоторой точке A (точка встречи). Перпендикуляр, опущенный из точки A на ось X , пересечёт

её в точке B (эта точка соответствует расстоянию от начального положения мотоциклиста до места встречи. Из условия задачи вытекает следующая пропорция:

$$\frac{MP}{PV} = \frac{2}{1}$$

Кроме того, длины отрезков MB и BV относятся так же, как скорости мотоциклиста и велосипедиста:

$$\frac{MB}{BV} = \frac{60 \text{ км/ч}}{20 \text{ км/ч}} = \frac{3}{1}$$

Из этих пропорций вытекают следующие соотношения:

$$\frac{MV}{BV} = \frac{MB + BV}{BV} = \frac{4}{1},$$
$$\frac{MV}{PV} = \frac{MP + PV}{PV} = \frac{3}{1}.$$

Деля два последних отношения друг на друга, получаем:

$$\frac{PV}{BV} = \frac{4}{3}.$$

Наконец, используя последнее выражение, находим:

$$\frac{PB}{BV} = \frac{PV - BV}{BV} = \frac{1}{3}.$$

Но отношение длин отрезков PB и BV равно отношению скоростей пешехода и велосипедиста. Значит, скорость пешехода должна быть равна

$$v = \frac{20 \text{ км/ч}}{3} \approx 6,7 \text{ км/ч}.$$

Критерии оценивания

Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).....1 балл

Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.....2–3 балла

Решение в целом верное, однако содержит существенные ошибки (не физические, а математические).....4–5 баллов

Найдено верное решение одного из двух возможных способов, но не доведено до конца.....6–7 баллов

Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.....8 баллов

Полное верное решение.....10 баллов

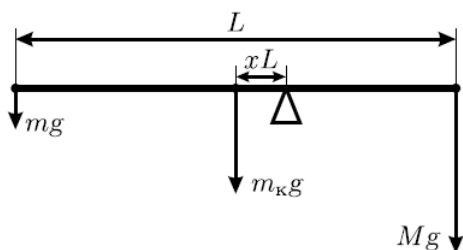
Всего за задачу 10 баллов

Задача 4

Груз неизвестной массы t взвешивают, уравнивая его гирькой с известной массой M на концах тяжёлого прямого коромысла; при этом равновесие достигается, когда точка опоры коромысла смещается от его середины на $x = \frac{1}{4}$ 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 $y = \frac{1}{3}$ его длины. Считая коромысло однородным по длине, найдите массу взвешиваемого груза t .

Возможное решение



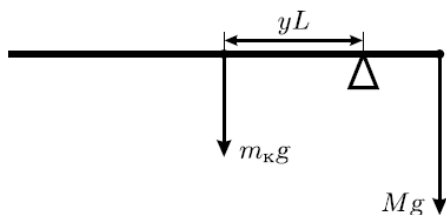
Для решения задачи воспользуемся правилом рычага. При взвешивании груза неизвестной массы t на плечи коромысла длины L действуют силы mg , Mg и $m_k g$, где m_k — масса коромысла (см. рис. 1). Плечи этих сил относительно оси, проходящей через точку опоры перпендикулярно плоскости рисунка, равны $(0,5 + x)L$, $(0,5 - x)L$ и xL соответственно.

Условие равновесия рычага имеет вид:

$$mg(0,5 + x)L + m_k g x L = Mg(0,5 - x)L, \quad (1)$$

откуда

$$t = \frac{M(0,5 - x) - m_k x}{0,5 + x}. \quad (2)$$



Рассмотрим теперь второе взвешивание (без груза неизвестной массы), которое позволит нам найти массу коромысла (см. рис. 2).

Плечи сил Mg и $m_k g$ будут теперь равны $(0,5 - y)L$ и yL соответственно. Тогда условие равновесия рычага даёт:

$$m_k g y L = Mg(0,5 - y)L, \quad (3)$$

откуда

$$m_k = \frac{M(0,5 - y)}{y}. \quad (4)$$

Следовательно,

$$m = \frac{M(0,5 - x) - \frac{M(0,5 - y)}{y} \cdot x}{0,5 + x} = M \frac{y - x}{y(1 + 2x)} =$$
$$= M \frac{(1/3) - (1/4)}{(1/3)(1 + 2 \cdot (1/4))} = \frac{M}{6}.$$

Критерии оценивания

- Записано условие равновесия рычага в первом взвешивании (1).....2 балла
Записано уравнение (2)1 балл
Записано условие равновесия рычага во втором взвешивании (3).....2 балла
Записано уравнение (4)1 балл
Правильно проделаны математические преобразования3 балла
Получен правильный ответ1 балл

Всего за работу 40 баллов