Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике 2020/21 учебный год 9 класс

Возможные решения и критерии оценивания

Задача 1

Скоростной поезд, двигаясь по прямолинейному участку, проходит расстояние между станциями $S = 50\ км$ с некоторой средней скоростью $v_{ср} = 150\ км/ч$. На разгон в начале движения и торможение перед станцией он тратит разное время, но в сумме оно составило $\tau = 10\ мин$. Все остальное время поезд движется с постоянной скоростью v. Найдите эту скорость.

Возможное решение

Путь поезда во время разгона и торможения

$$L = \frac{v\tau}{2}. \qquad (1)$$

Весь путь

$$S = L + v(t - \tau), \qquad (2)$$

где t— полное время движения. В свою очередь

$$t = \frac{S}{v_{ср}}. \qquad (3)$$

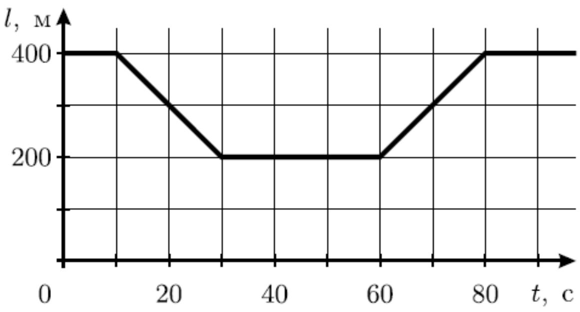
Решая систему относительно v, получим:

$$v = \frac{S}{\frac{S}{v_{ср}} - \frac{\tau}{2}} = 200\ \frac{км}{ч}. \qquad (4)$$

Критерии оценивания

Записано уравнение (1) ………………………………………………..2 балла
Записано уравнение (2) ………………………………………………..3 балла
Правильно проделаны математические преобразования ……..……..4 балла
Получен правильный ответ ……………………………………………1 балл
Всего за задачу 10 баллов

Задача 2



На длинном прямом шоссе автомобили движутся с постоянной скоростью V_1 всюду, за исключением моста, на котором автомобили движутся с другой постоянной скоростью V_2. На рисунке изображён график зависимости расстояния l между двумя едущими друг за другом автомобилями от времени t. Найдите скорости V_1 и V_2, а также длину моста.

Возможное решение

Пока оба автомобиля движутся по шоссе или по мосту, расстояние между ними остаётся постоянным: $l_1 = 400$ *м* или $l_2 = 200$ *м*. Расстояние l начинает уменьшаться, когда первый автомобиль въезжает на мост. Поэтому ясно, что второй автомобиль в этот момент ($t_1 = 10$ *с* на графике) находится на расстоянии $l_1 = 400$ *м* от въезда на мост. При движении первого автомобиля по мосту расстояние между ним и вторым автомобилем, движущимся по шоссе, как видно из графика, сокращается до момента времени $t_2 = 30$ *с* на $l_1 - l_2 = 200$ *м* за время $t_2 - t_1 = 20$ *с*, то есть они сближаются со скоростью

$$V_1 - V_2 = \frac{l_1 - l_2}{t_2 - t_1} = 10\ \frac{\text{м}}{\text{с}}. \qquad (1)$$

Таким образом, скорость $V_1 > 10$ *м/с*, и время, за которое второй автомобиль доедет до моста, не может быть больше

$$\frac{400\ \text{м}}{10\ \text{м/с}} = 40\ \text{секунд}. \qquad (2)$$

В момент $t_2 = 30$ *с* расстояние между автомобилями перестаёт меняться. Это означает, что они снова движутся с одинаковыми скоростями – либо первый автомобиль съехал с моста, либо второй въехал на мост. В первом случае въезд второго автомобиля на мост будет соответствовать моменту времени $t_3 = 60$ *с*, когда расстояние между автомобилями начинает вновь расти (см. график). Поскольку это произошло только через $t_3 – t_1 = 50$ *с* после въезда первого автомобиля на мост, первый случай невозможен, и в данных условиях реализуется вторая возможность, когда в момент $t_3 = 60$ *с* первый автомобиль съезжает с моста.

Значит, первый автомобиль проехал по шоссе $l_1 = 400$ *м* за время $t_2 - t_1 = 20$ *с*, и его скорость была равна

$$V_1 = \frac{l_1}{t_2 - t_1} = \frac{400\ \text{м}}{20\ \text{с}} = 20\ \frac{\text{м}}{\text{с}}. \qquad (3)$$

Скорость автомобилей на мосту, очевидно, равна

$$V_2 = V_1 - \frac{l_1 - l_2}{t_2 - t_1} = 20\ \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10\ \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10\ \frac{\text{м}}{\text{с}}. \qquad (4)$$

Первый автомобиль преодолел мост с этой скоростью $V_2 = 10$ *м/с* за время $t_3 - t_1 = 50$ *с*, так что длина моста равна

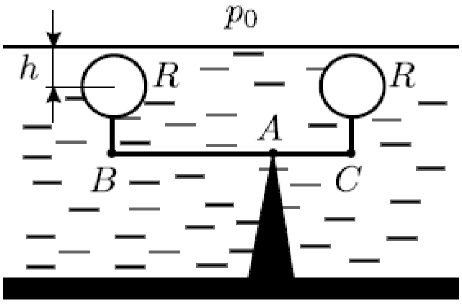
$$L = V_2 \cdot (t_3 - t_1) = 10\ \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 50\ \text{с} = 500\ \text{м}. \qquad (5)$$

Критерии оценивания

Записано уравнение (1) ……………………………………………..2 балла
Записано уравнение (2) ……………………………………………..2 балла
Записано уравнение (3) ……………………………………………..2 балла
Записано уравнение (4) ……………………………………………..2 балла
Записано уравнение (5) ……………………………………………..2 балла

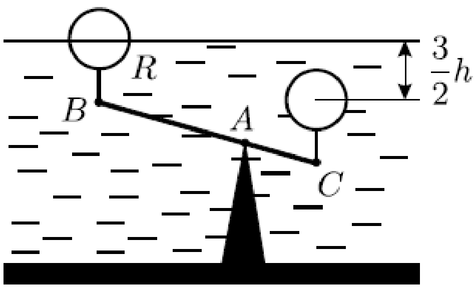
Всего за задачу 10 баллов

Задача 3



К рычагу, закреплённому на дне водоёма, прикреплены на нитях два сферических поплавка радиусом R (*см. рисунок*). В случае, если рычаг удерживать в горизонтальном положении, центры поплавков расположены на глубине $h > R$. На каких глубинах будут расположены центры поплавков, если отпустить рычаг и дождаться установления равновесия? Массами поплавков и рычага пренебречь. Концы рычага в положении равновесия не касаются дна, а $AB : AC = 2 : 1$. Считать, что $AC > h$.

Возможное решение



Так как поплавки и рычаг по условию задачи очень лёгкие, то при решении нужно учитывать только действующие в системе выталкивающие силы.

Поскольку поплавки одинаковые, то, пока они оба полностью погружены в жидкость, действующие на них выталкивающие силы также одинаковы. Кроме того, рассматриваемый рычаг несимметричен – одно плечо у него больше другого. Поэтому после того, как поплавки отпустят, рычаг начнёт поворачиваться – длинное плечо пойдёт вверх. До каких пор будет продолжаться этот процесс? Так как у рычага плечо AC вдвое короче плеча AB, то для того, чтобы рычаг мог находиться в равновесии, необходимо, чтобы сила, приложенная к точке C, была вдвое больше, чем сила, приложенная к точке B.

Поскольку поплавок, привязанный к точке C, опускается, то действующая на него выталкивающая сила остаётся неизменной. Отсюда следует, что равновесие будет возможно только в том случае, если поплавок, привязанный к точке B, достигнет поверхности и частично всплывёт, оставаясь погруженным на половину своего объёма (см. рис.). При этом действующая на него выталкивающая сила уменьшится ровно вдвое. Такое положение поплавков возможно: поскольку по условию задачи $AC > h$, то угол поворота рычага не превышает 30^0.

Итак, в положении равновесия центр поплавка, привязанного к точке B, будет находиться на поверхности жидкости, то есть на глубине $H_B = 0$. Очевидно, что центр этого поплавка при всплытии поднимется на высоту h.

В соответствии с «золотым правилом механики» центр второго поплавка опустится на глубину $h/2$ (он привязан к плечу, длина которого вдвое меньше). Значит, в положении равновесия центр поплавка, привязанного к точке C, будет находиться на глубине

$$H_C = h + \frac{h}{2} = \frac{3}{2}h.$$

Критерии оценивания

Правильно определены силы, приложенные к точкам B и C………..2 балла

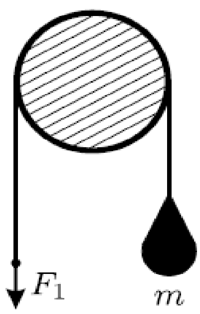
Правильно указано положение равновесия рычага……………………3 балла

Получен правильный ответ H_B ……………………………………....2 балла

Получен правильный ответ H_C ……………………………………....3 балла

Всего за задачу 10 баллов

Задача 4



Через неподвижное горизонтально закреплённое бревно переброшена верёвка (*см. рисунок*). Для того, чтобы удерживать груз массой $m = 6$ *кг*, подвешенный на этой верёвке, необходимо тянуть второй конец верёвки с минимальной силой $F_1 = 40$ *Н*. С какой минимальной силой F_2 надо тянуть верёвку, чтобы груз начал подниматься?

Возможное решение

Представим себе, что вместо силы F_1 на свободный конец верёвки подвешен груз весом $m_1g = F_1 = 40$ *Н*, а вместо первоначального подвешенного груза массой $m = 6$ *кг* на правый конец верёвки действует направленная вниз сила $F = mg = 60$ *Н*. Из условия задачи следует, что если чуть-чуть увеличить силу F, что эквивалентно увеличению массы m, то начнётся скольжение. Таким образом, мы знаем, что минимальная сила, необходимая для поднимания груза массой m_1 = *4 кг*, составляет F = *60 Н*.

Ясно, что в предельном случае в любой касающейся бревна точке верёвки сила трения покоя достигает максимального значения, которое пропорционально силе давления верёвки на бревно в данном месте. Из соображений подобия следует, что эта максимальная сила трения покоя прямо пропорциональна весу поднимаемого груза. Отсюда находим, что

$$\frac{F_2}{mg} = \frac{mg}{F_1},$$

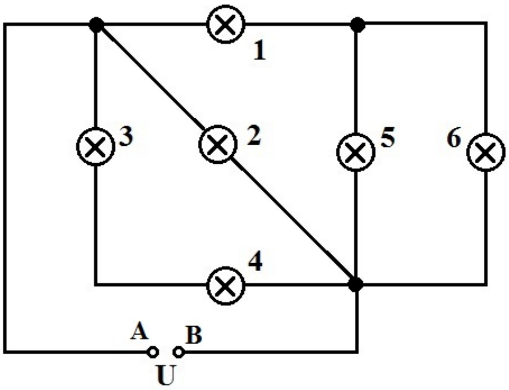
то есть

$$F_2 = \frac{(mg)^2}{F_1} = 90 \text{ Н}.$$

Критерии оценивания

Правильно рассмотрен случай равновесия груза на верёвке………....3 балла
Правильно установлена зависимость силы трения покоя и
веса поднимаемого груза……………………………………………..4 балла
Правильно проделаны математические преобразования ……..……..2 балла
Получен правильный ответ ……………………………......……..1 балл
Всего за задачу 10 баллов

Задача 5



Мальчик к Новому году дома собрал ёлочную гирлянду, состоящую из *6* одинаковых лампочек. Схема соединения и подключения к источнику напряжения $U = 9\ В$ показана на рисунке. Сопротивление каждой лампочки $R = 20\ Ом$.

Определить полное сопротивление участка цепи AB и силу тока, протекающую через лампочку номер *1*.

Возможное решение

Исходя из соединений лампочек на схеме, находим сопротивления.

$$R_{56} = \frac{R}{2}. \Rightarrow R_{156} = \frac{3}{2}R \qquad (1)$$

$$R_{34} = 2R. \Rightarrow R_{234} = \frac{2}{3}R \Rightarrow R_{общ} = \frac{6}{13}R \cong 9{,}2\ Ом. \qquad (2)$$

Далее, ток

$$I_1 = I_{156} = \frac{U}{R_{156}} = \frac{2U}{3R} = 0{,}3\ A. \qquad (3)$$

Критерии оценивания

Записано уравнение (1) …………………………………………………..3 балла
Записано уравнение (2) …………………………………………………..3 балла
Записано уравнение (3) …………………………………………………..2 балла
Получены правильные ответы ……………………………….............2 балла

Всего за задачу 10 баллов

<u>**Всего за работу 50 баллов**</u>