

Открытая физико-математическая олимпиада 2019

Физика

8 класс

1. Вместе весело шагать...

Туристы прошли за 4 часа свой маршрут длиной 16 км. Часть пути они прошли по удобной сухой тропе, но затем пошёл дождь, тропа быстро размокла, и их скорость снизилась. Пока не было дождя, их скорость была выше средней на 1 км/ч, а во время дождя – ниже средней на 2 км/ч. Сколько минут они шли под дождём?

Решение:

Первый способ решения основан на промежуточных вычислениях величин.

- Найдём среднюю скорость движения: $v_{\text{ср}} = \frac{S}{t} = \frac{16 \text{ км}}{4 \text{ часа}} = 4 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ (2 б)
- Найдём максимальную скорость: $v_1 = v_{\text{ср}} + \Delta v_1 = 4 \frac{\text{км}}{\text{ч}} + 1 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 5 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ и минимальную скорость: $v_2 = v_{\text{ср}} - \Delta v_2 = 4 \frac{\text{км}}{\text{ч}} - 2 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ (1 б)
- Запишем формулу пути для движения туристов: $S = v_1 t_1 + v_2 t_2$ (1 б)
- Учтём, что $t = t_1 + t_2$. Выразим отсюда $t_1 = t - t_2$ и подставим в формулу пути. (1 б)
- $S = v_1(t - t_2) + v_2 t_2$ Раскроем скобки, перегруппируем слагаемые, получим ответ:
$$t_1 = \frac{v_1 t - S}{v_1 - v_2} = \frac{5 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 4 \text{ ч} - 16 \text{ км}}{5 \frac{\text{км}}{\text{ч}} - 2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} = \frac{4}{3} \text{ ч} = 1 \text{ ч } 20 \text{ мин}$$
 (2 б)

Ответ: $t_1 = 1 \text{ ч } 20 \text{ мин}$

(итого 7 б)

Можно чуть короче:

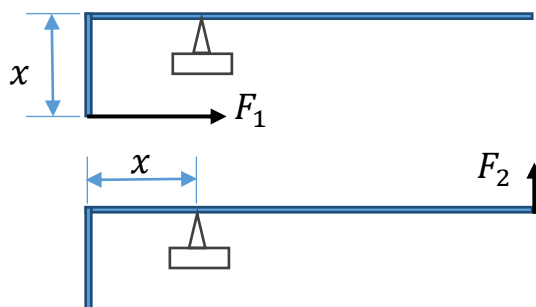
- За второй промежуток времени туристы прошли меньше, чем двигаясь со средней скоростью, на $\Delta S_2 = \Delta v_2 t_2$
- За оставшееся время они прошли меньше, чем прошли бы, двигаясь со средней скоростью, на $\Delta S_1 = \Delta v_1(t - t_2)$
- В итоге они прошли столько же, сколько двигаясь со средней скоростью, значит эти величины равны! на $\Delta v_2 t_2 = \Delta v_1(t - t_2)$
- Получаем ответ в общем и численном виде: $t_1 = \frac{\Delta v_1 t}{\Delta v_1 + \Delta v_2} = \frac{1 \text{ км/ч}}{1 \text{ км/ч} + 2 \text{ км/ч}} \cdot 4 \text{ ч} = \frac{4}{3} \text{ ч}$

Ответ: $t_1 = 1 \text{ ч } 20 \text{ мин}$

Замечание: Из второго способа решения задачи видно, что длина маршрута – это лишние данные, задача решается без этого.

2. Под прямым углом.

Взяли однородный стержень постоянного сечения длиной $l = 1 \text{ м}$, и согнули под прямым углом участок длиной x . На таком же расстоянии x от точки сгиба поставили опору. Оказалось, что стержень находится в равновесии, если на него действовать силой $F_1 = 4 \text{ Н}$ на одном его конце, или с силой $F_2 = 3 \text{ Н}$ на другом, так, как указано на рисунках. Определите расстояние x .



Решение:

- Поскольку стержень в обеих ситуациях находится в равновесии, то сумма моментов сил, вращающих рычаг по часовой стрелке, и против часовой стрелки, равны друг другу. (1 б)
- Стержень один и тот же, опора расположена одинаково, - это означает, что все моменты сил тяжести в обеих ситуациях одинаковы. (2 б)
- Отсюда следует, что момент силы F_1 равен моменту силы F_2 :

$$F_1 x = F_2 (l - 2x). \quad (2 \text{ б})$$

- Раскрыв скобки, перегруппировав слагаемые, получим ответ:

$$x = \frac{F_2}{F_1 + 2F_2} \cdot l = 0,3 \text{ м} \quad (2 \text{ б})$$

Ответ: $x = 0,3 \text{ м}$

(итого 7 б)

3. Шарики.

В калориметр с холодной водой бросили два одинаковых по размеру шарика – сначала один, а потом, дождавшись, когда установится тепловое равновесие, - второй. Шарики сделаны из одного вещества, начальная температура их одинакова, но в одном из них есть полость. Температура шарика, брошенного первым, после установления теплового равновесия уменьшилась на 40°C , брошенного вторым – на 30°C , а температура воды в калориметре в обоих случаях выросла на одинаковую величину. 1) Какой шарик бросили первым, - сплошной, или полый? 2) Какую часть массы шарика удалили, создав эту полость?

Решение:

- Когда бросают первый шарик, он отдаёт некоторое количество теплоты воде:

$$Q_1 = cm\Delta t \quad (1 \text{ б})$$

- Когда бросают второй, то он отдаёт такое же (по условию) количество теплоты воде, и еще некоторое – первому шарiku, находящемуся в воде:

$$Q_2 = cm\Delta t + c_{\text{ш}}m_{\text{ш}}\Delta t,$$

то есть отдаёт большее количество теплоты, чем первый. (1 б)

- А температура второго шарика меняется меньше! Из формулы

$$Q_{\text{ш}} = c_{\text{ш}}m_{\text{ш}}\Delta t_{\text{ш}}$$

следует, что

$$m_{\text{ш}} = \frac{Q_{\text{ш}}}{c_{\text{ш}}\Delta t_{\text{ш}}}.$$

Числитель во втором случае больше, знаменатель меньше, сама дробь (а, значит, и масса шарика) больше. Итак, первым бросили лёгкий, шарик, затем тяжёлый. (1 б)

- От порядка действий конечный результат в задачах данного типа не зависит. Запишем уравнение теплового баланса, когда в сосуд бросают один, или сразу два шарика:

$$cm\Delta t = c_{\text{ш}}m_1|\Delta t_1| \quad (1 \text{ б})$$

$$cm \cdot 2\Delta t = c_{\text{ш}}(m_1 + m_2)|\Delta t_2| \quad (1 \text{ б})$$

- Умножим первое уравнение на два, и приравняем правые части. Сократим теплоёмкость шариков:

$$2m_1|\Delta t_1| = (m_1+m_2)|\Delta t_2|.$$

Поделим на массу второго шарика, обозначим отношение массы лёгкого к массе тяжёлого за x , получим

$$2x|\Delta t_1| = (x + 1)|\Delta t_2|.$$

Выразим x :

$$x = \frac{\Delta t_2}{2\Delta t_1 - \Delta t_2} = \frac{30}{2 \cdot 40 - 30} = \frac{30}{50} = 0,6 \quad (1 \text{ б})$$

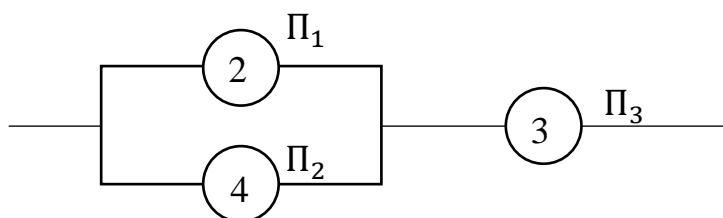
- Мы нашли, какая часть массы осталась в лёгком шарике. А нужно найти – какая часть удалена! Вычтем из единицы полученную долю, и получим искомое:

$$\frac{|\Delta m|}{m} = 0,4 \quad (1 \text{ б})$$

Ответ: 1) первым бросили лёгкий шарик. 2) из него удалили 40% массы. (итого 7 б)

4. Где вольтметр?

Один вольтметр и два одинаковых амперметра соединили друг с другом так, как это показано на рисунке. Все приборы исправны, показания приборов известны (записаны в кружочках в СИ), но где какой прибор – неизвестно! 1) Определите, где находится вольтметр. Объясните, на основании чего вы сделали свой вывод. 2) Найдите сопротивление каждого прибора. 3) Рассчитайте напряжение на концах этого участка цепи. 4) Определите, что будут показывать эти приборы, если их соединить последовательно и на концы соединения подать прежнее напряжение.



Решение:

- При параллельном соединении двух одинаковых амперметров по ним протекали бы одинаковые токи, а по рисунку мы видим, что это не так. Это означает, что в параллельном соединении один прибор – вольтметр, другой – амперметр. Тогда P_3 – амперметр. (1 б)
- При параллельном соединении $I_1 + I_2 = I_3$. Сила тока в третьем приборе (амперметре) не может быть меньше, чем сила тока в первом или втором приборе. Это означает, что P_2 не может быть амперметром – это вольтметр. Итак, P_1 – амперметр, P_2 – вольтметр, P_3 – амперметр. (1 б)
- При параллельном соединении напряжения одинаковы. По закону Ома находим сопротивление амперметра:

$$R_A = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_1} = \frac{4 \text{ В}}{2 \text{ А}} = 2 \text{ Ом} \quad (1 \text{ б})$$

- Находим силу тока через вольтметр и его сопротивление:

$$I_2 = I_3 - I_1 = 3 \text{ А} - 2 \text{ А} = 1 \text{ А}. R_B = \frac{U_2}{I_2} = \frac{4 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 4 \text{ Ом} \quad (1 \text{ б})$$

- Рассчитаем напряжение на концах участка цепи:

$$U = U_2 + U_3 = U_2 + I_3 R_A = 4 \text{ В} + 3 \text{ А} \cdot 2 \text{ Ом} = 10 \text{ В} \text{ (1 б)}$$

- При последовательном соединении общее сопротивление равно сумме сопротивлений всех приборов: $R = R_A + R_A + R_B = 8 \text{ Ом}$ Общая сила тока

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10 \text{ В}}{8 \text{ А}} = 1,25 \text{ А.}$$

Это и есть показания амперметров. (1 б)

- Показания вольтметра

$$U_{B2} = I R_B = 1,25 \text{ А} \cdot 4 \text{ Ом} = 5 \text{ В} \text{ (1 б)}$$

Ответ: 1) Π_1 – амперметр, Π_2 – вольтметр, Π_3 – амперметр. 2) $R_A = 2 \text{ Ом}$, $R_B = 4 \text{ Ом}$. 3) $U = 10 \text{ В}$. 4). Показания амперметров $I = 1,25 \text{ А}$, показания вольтметра $U_{B2} = 5 \text{ В}$. (итого 7 б)