

1. Наряжая перед Новым Годом елку, экспериментатор Глюк обнаружил, что в гирлянде, состоящей из 28 лампочек, соединенных последовательно, одна лампочка перегорела. Обнаружив и выкрутив ее из гирлянды, Глюк задумался, будет ли безопасным всунуть вместо лампочки палец? Узнав из Интернета, что безопасным считается сила постоянного тока не более 300 мА, Глюк измерил сопротивление лампочек гирлянды (оказалось у каждой по 1,5 Ом) и сопротивление своего пальца, провел необходимые расчёты и выяснил, что эксперимент можно провести. Оцените значение сопротивления пальца, которое получил при измерении Глюк. Гирлянда питается от источника постоянного тока 36 В.

РЕШЕНИЕ:

Силу тока, протекающего через палец, нужно определять по закону Ома:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{27R_{\text{л}} + R_{\text{п}}}$$

Отсюда

$$R_{\text{п}} = \frac{U}{I} - 27R_{\text{л}}$$

Если Глюк решил, что эксперимент можно провести, значит рассчитанная им сила тока была меньше безопасного значения. Чтобы определить нижнюю границу сопротивления пальца, значение силы тока, подставляемое в формулу, должно быть равно 300 мА. Значение сопротивления получается 79,5 Ом. Значит измерения Глюка показали значение $R_{\text{п}} \geq 79,5 \text{ Ом}$.

ОТВЕТ: больше или равно 79,5 Ом.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

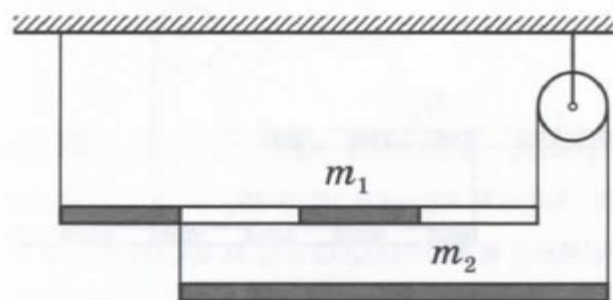
Учтено, что лампочки и палец соединены последовательно – 2 балла

Записан закон Ома – 2 балла

Получено граничное сопротивление пальца – 2 балла

Проведена оценка сопротивления, полученного в эксперименте – 4 балла

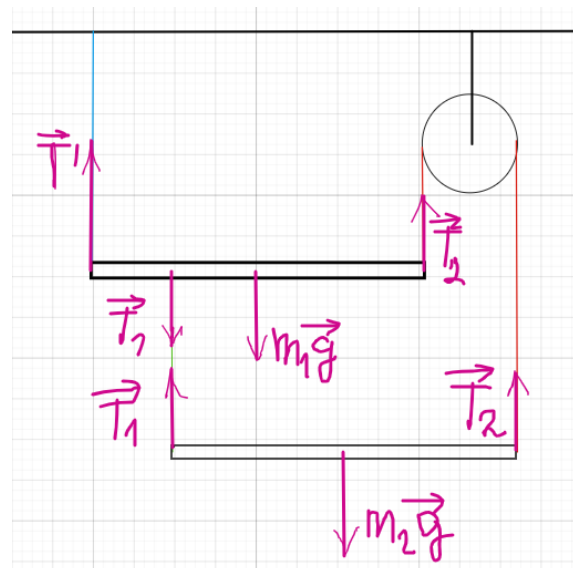
2. Система из двух однородных стержней, трех нитей и блока находится в равновесии. Масса верхнего стержня 6 кг. Найдите массу нижнего стержня.



РЕШЕНИЕ:

Условие равновесия системы означает, что выполняются правила моментов для данных стержней, а также силы, действующие на стержни, скомпенсированы. Для записи этих правил определим силы, действующие на стержни и их плечи.

На верхний стержень действуют 1). вертикально вниз сила тяжести m_1g , и сила натяжения средней нити T_1 ; 2). вертикально вверх сила натяжения левой нити T' и сила натяжения правой нити T_2 . На нижний стержень действуют вертикально вниз сила тяжести m_2g и вертикально вверх силы натяжения нитей – левой T_1 и правой T_2 . Силы натяжения нитей, действующие на разные стержни равны для каждой нити (но не равны между собой для разных нитей), потому что каждая нить по своей длине натянута одинаково.



Для определения плечей сил необходимо выбрать точку опоры для каждого стержня. Для верхнего стержня удобно взять в качестве таковой левый конец стержня, чтобы «занулить» момент силы T' , для нижнего – также левый конец стержня. Тогда, введя длину верхнего стержня l и длину нижнего стержня L , получаем:

$$T_1 \frac{l}{4} + m_1g \frac{l}{2} = T_2 l$$

$$m_2g \frac{L}{2} = T_2 L$$

(стержни однородные, поэтому силы тяжести приложены к серединам стержней).

Из второго уравнения видно, что $T_2 = \frac{1}{2} m_2g$. Учтем, что силы, действующие на нижний стержень скомпенсированы, то есть $m_2g = T_1 + T_2$. Из этих уравнений следует, что $T_2 = T_1 = T$.

С учетом этого (и после сокращения длин) имеем:

$$\frac{1}{4}T + \frac{1}{2}m_1g = T$$

$$\frac{1}{2}m_2g = T$$

Решая эту систему, получаем

$$m_2 = \frac{4}{3}m_1 = 8 \text{ кг.}$$

ОТВЕТ: 8 кг

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

Определены моменты сил, действующих на верхний стержень – 1 балл

Определены моменты сил, действующих на нижний стержень – 1 балл

Записано правило моментов для верхнего стержня – 1 балл

Записано правило моментов для нижнего стержня – 1 балл

Записано условие компенсации сил, действующих на нижний стержень – 1 балл

Установлено, что $T_2 = T_1$ – 1 балл

Решена система уравнений – 2 балла

Определена масса нижнего стержня – 2 балла

3. Пройдя $\frac{5}{8}$ длины моста, собака услышала за спиной сигнал подъезжающего к мосту автомобиля. Если собака побежит вперед, то встретится с автомобилем на расстоянии в $\frac{1}{8}$ длины моста от его конца, а если назад, то на середине моста. Во сколько раз скорость собаки меньше скорости автомобиля?

РЕШЕНИЕ:

В условии задачи не сказано, где находился автомобиль, когда подавал сигнал собаке, поэтому будем считать, что он находится на расстоянии s от начала моста.

Пусть собака побежала вперед. Тогда за время t_1 до момента встречи она пробежит

$$s_{1c} = v_c t_1 = \left(\frac{7}{8} - \frac{5}{8}\right)L = \frac{1}{4}L$$

а автомобиль проедет

$$s_{1a} = v_a t_1 = s + \frac{7}{8}L,$$

где L — длина моста.

Если собака побежит назад, то за время t_2 до встречи она пробежит

$$s_{2c} = v_c t_2 = \left(\frac{5}{8} - \frac{1}{2}\right)L = \frac{1}{8}L,$$

а автомобиль проедет

$$s_{2a} = s + \frac{1}{2}L$$

Решая полученную систему уравнений, получаем:

$$\frac{v_c(t_1 - t_2)}{v_a(t_1 - t_2)} = \frac{\frac{1}{8}L}{\frac{3}{8}L} = \frac{1}{3}$$

ОТВЕТ: скорость собаки в три раза меньше.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

Задано произвольное положение автомобиля перед мостом — 2 балла

Записано уравнение движения собаки в первом случае — 1 балл

Записано уравнение движения собаки во втором случае — 1 балл

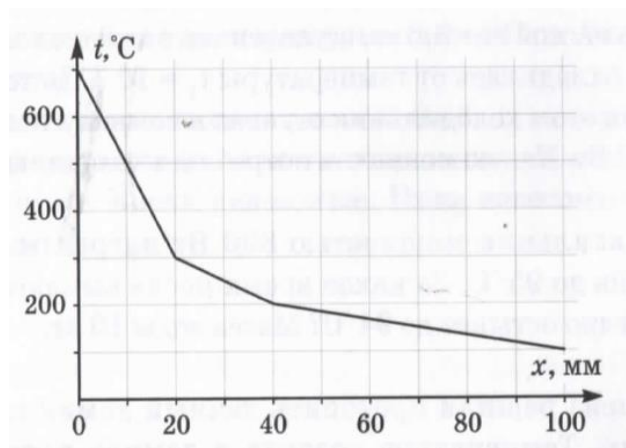
Записано уравнение движения автомобиля в первом случае — 1 балл

Записано уравнение движения автомобиля во втором случае — 1 балл

Решена система уравнений — 3 балла

Правильно сформулирован ответ — 1 балл

4. Медный цилиндрический пруток длиной 10 см и массой 30 г нагрели в пламени горелки так, что температура вдоль его длины распределилась, как показано на рисунке. Через некоторое время температура прутка выровнялась и составила 200 °С. Определите, сколько теплоты потерял за это время пруток. Удельная теплоемкость меди 380 Дж/(кг °С)



РЕШЕНИЕ:

В задаче рассматривается перенос тепла между частями неравномерно нагретого прутка и одновременный теплообмен с окружающей средой. Так как нет необходимости (и возможности) описывать процесс переноса тепла, имеет смысл рассмотреть его итог – выравнивание температуры прутка – как результат теплообмена между частями прутка и окружающей средой.

Разобьем пруток на три части по 2 см, 2 см и 6 см, в которых температура по одинаковым линейным законам зависит от длины: в первой части температура меняется от 700 °С до 300 °С, во второй от 300 °С до 200 °С, в третьей от 200 °С до 100 °С. Массы частей соответственно равны 6 г, 6 г и 18 г, так как пруток однородный и масса пропорциональна длине.

Из условия задачи видно, что первая и вторая части прутка остывали, а третья нагревалась за счет остывания первых двух частей. При этом часть теплоты ушла в окружающую среду. Определим ее.

Для использования формулы $Q = cm\Delta t = cm(t_2 - t_1)$ необходимо знать значение начальной температуры частей прутка (конечная температура каждой части известна). Так как внутри частей прутка температура по длине распределялась по линейным законам, ее меняющееся значение можно заменить средним арифметическим, то есть

$$t_{1I} = \frac{700\text{ }^{\circ}\text{C} + 300\text{ }^{\circ}\text{C}}{2} = 500\text{ }^{\circ}\text{C} \quad t_{1II} = \frac{300\text{ }^{\circ}\text{C} + 200\text{ }^{\circ}\text{C}}{2} = 250\text{ }^{\circ}\text{C} \quad t_{1III} = \frac{200\text{ }^{\circ}\text{C} + 100\text{ }^{\circ}\text{C}}{2} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Таким образом, общая теплота в данном процессе имеет вид:

$$Q = Q_I + Q_{II} + Q_{III} = cm_I(t_2 - t_{1I}) + cm_{II}(t_2 - t_{1II}) + cm_{III}(t_2 - t_{1III})$$

После подстановки численных значений, получаем $Q = -456$ Дж. Знак «-» означает, что в конечном результате 456 Дж теплоты ушло в окружающую среду.

ОТВЕТ: пруток потерял 456 Дж теплоты.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

Обоснование выбранного метода решения – 3 балла

Пруток рассматривается разделенным на три части – 1 балл

Определена масса каждой части прутка – 1 балл

Определена средняя начальная температура каждой части прутка – 1 балл

Расчет общего количества теплоты – 3 балла

Обоснование того, что эта теплота, потерянная – 1 балл