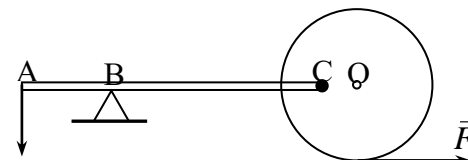


Решения
Заключительный тур олимпиады Росатом,
физика, 8 класс, 2018-2019 учебный год

1. На легкий блок намотана нить, которую тянут с силой $F = 10$

Н. К точке блока С шарнирно прикреплен конец невесомого рычага, опирающегося в точке В на точечную опору (см. рисунок). Какой силой нужно действовать на второй конец рычага,



чтобы вся конструкция находилась в равновесии? $AB:BC:CO=2:6:1$. Радиус блока в три раза меньше полной длины рычага.

2. Долгов и Коротков бегают по гравийной дорожке стадиона. Если они побегут из одной точки в противоположные стороны они встретятся через время $t_1 = 24$ с. За какое время Долгов обгонит Короткова на круг, если они стартуют из одной точки и побегут в одну сторону. На прохождение одного круга Короткову требуется время $t_2 = 52$ с.

3. Две лодки, плывущие параллельно друг другу с одинаковыми скоростями $v = 2$ м/с, тянут концы натянутой сети. Передний конец сети опережает задний по курсу движения на $l = 40$ м, а расстояние между лодками поперёк курса - $2l/3$. При какой наименьшей скорости рыба сможет уплыть от сети, где бы она перед ней не оказалась?

4. Имеется два калориметра, в которые налито: масса воды m комнатной температуры в один, и масса $2m$ кипящей воды – в другой. Очень точный термометр, опущенный в первый калориметр, показал температуру $t_0 = 20,4^\circ$ С. Затем термометр опускают во второй калориметр, и он показывает температуру $t_2 = 99,7^\circ$ С. Какую температуру покажет термометр, если его вынуть из второго калориметра и сразу же опустить в первый? Атмосферное давление – нормальное, теплоемкости калориметров и потери тепла пренебрежимо малы.

Решения. Критерии оценки решений задач

1. Обозначим силу, действующую на левый конец рычага как F_1 . Чтобы рычаг был в равновесии, нужно чтобы сумма моментов сил, действующих на него, равнялась бы нулю. Следовательно, на рычаг со стороны блока действует сила F_2 , направленная вертикально вниз, и такая, что

$$F_1 AB = F_2 BC \quad \Rightarrow \quad F_1 = 3F_2$$

Чтобы блок был в равновесии нужно, чтобы сумма моментов сил, действующих на него, равнялась бы нулю. А поскольку рычаг действует на блок с такой же по величине силой, как и блок на него, имеем

$$F_2 CO = FR$$

где R - радиус блока. Поэтому

$$F_2 = \frac{R}{CO} F$$

Отрезок CO составляет $1/8$ часть от длины рычага, радиус блока – $1/3$ от длины рычага, поэтому

$$F_1 = 3F_2 = 3 \frac{8}{3} F = 8F = 80 \text{ Н.}$$

Критерии оценки решения задачи

1. Использовано правильное условие равновесия рычага – 0,5 балла,
2. Использовано правильное условие равновесия блока – 0,5 балла,
3. Правильно посчитаны все плечи – 0,5 балла,
4. Правильное решение, правильные вычисления – 0,5 балла,

Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

2. Пусть длина круга на стадионе равна l , скорость Долгова - v_1 , скорость Короткова - v_2 . Тогда справедливы следующие уравнения

$$t_1 = \frac{l}{v_1 + v_2} \quad \text{и} \quad t_2 = \frac{l}{v_2}$$

Из этих уравнений находим

$$\frac{1}{t_2} = \frac{v_2}{l}, \quad \frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} = \frac{v_1}{l} \quad (*)$$

А поскольку время t_3 , за которое Долгов догонит Короткова, если они побегут в одну сторону, равно

$$t_3 = \frac{l}{v_1 - v_2}$$

из формул (*) находим

$$\frac{1}{t_3} = \frac{v_1}{l} - \frac{v_2}{l} = \frac{1}{t_1} - 2 \frac{1}{t_2} = \frac{t_2 - 2t_1}{t_1 t_2}$$

откуда

$$t_3 = \frac{t_1 t_2}{t_2 - 2t_1} = 312 \text{ с}$$

Критерии оценки решения задачи

1. Использованы правильные соотношения «расстояние-время-скорость» – 0,5 балла,
2. Правильные формулы для времени встречи, времени, которое Коротков затрачивает на круг, и времени, за которое Долгов догонит Короткова, если побежит за ним – 0,5 балла,
3. Правильный способ выражение последнего времени через два других – 0,5 балла,
4. правильный ответ, правильные вычисления – 0,5 балла.

Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

3. Поскольку рыба должна уплыть из любой точки внутри сети, рассмотрим самые неприятные с точки зрения выплывания точки; из других точек рыба тогда уплывет. Это точки, лежащие около участка сети, двигающегося перпендикулярно самому себе. Чтобы рыба могла уплыть из любой точки перед этим участком, ее скорость должна быть на «микроскопическую» величину больше скорости сети, т.е. v . Имея такую скорость рыба сможет бесконечно долго плыть перед сетью. Поэтому чтобы уплыть из сети рыба должна иметь хотя бы бесконечно малую составляющую скорости вдоль направления, перпендикулярного направлению перемещения сети. Поэтому минимальная скорость, которую должна иметь рыба, чтобы выплыть из любой точки внутри сети, равна

$$v_{\min} = v$$

Критерии оценки решения задачи

1. участник понял постановку задачи и анализирует возможность уплывания из любой точки внутри сети – 0,5 балла,
2. для нахождения минимальной скорости уплывания из любых точек, участок взял точки около участка, движущегося перпендикулярно самому себе – 0,5 балла,
3. доказано, что составляющая скорости рыбы на направление движения лодок $v_{\min} \geq v$ – 0,5 балла. ,
4. понято, что поперечная составляющая скорости может быть любой малой величиной. Правильный ответ – 0,5 балла.

Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

4. Так как атмосферное давление – нормальное, то температура кипения воды $t_{\text{кип}} = 100^\circ \text{ C}$. А так как термометр показывает меньшую температуру, нужно учитывать его собственную теплоемкость. Поэтому уравнение теплового баланса для опускания термометра в кипящую воду дает

$$C_0(t_2 - t_0) = c2m(t_{\text{кип}} - t_2)$$

где C_0 - теплоемкость термометра, c - удельная теплоемкость воды. Отсюда находим

$$C_0 = \frac{2mc(t_{\text{кип}} - t_2)}{t_2 - t_0} \quad (*)$$

После этого термометр с температурой t_2 опускают в стакан воды массой m с температурой t_0 .

Уравнение теплового баланса дает

$$C_0(t_2 - t_x) = cm(t_x - t_0)$$

где t_x - температура воды в первом стакане после установления равновесия (которую и покажет термометр). Находя отсюда температуру t_x

$$t_x = \frac{C_0 t_2 + c m t_0}{c m + C_0}$$

и подставляя C_0 из формулы (*), получим

$$t_x = \frac{t_0(t_2 - t_0) + 2t_2(t_{\text{кун}} - t_2)}{t_2 - t_0 + 2(t_{\text{кун}} - t_2)} = 21,0^\circ \text{C}$$

Критерии оценки решения задачи

1. Из первого условия найдено отношение удельной теплоемкости воды и теплоемкости термометра – 0,5 балла,
2. Правильно записано уравнение теплового баланса для опускания термометра в первый калориметр – 0,5 балла,
3. правильный ответ, правильные вычисления (с нужной точностью) – 1 балл.

Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

5. Рассмотрим положение системы тел в какой либо момент времени, и найдем их перемещения за малый интервал времени, прошедший после этого момента. Верхний блок сдвинется вверх на величину $2v\Delta t$, тело 2 (и, следовательно, нижний блок) – вниз на величину $v\Delta t$, тело 3 – вниз на величину $v\Delta t$. Эти перемещения приведут к тому, что в ряде участков потребуется дополнительная длина нити. Она может освободиться только при перемещении среднего блока вниз (см. рисунок; новые положения блоков показаны тонкими линиями). Найдем его перемещение.

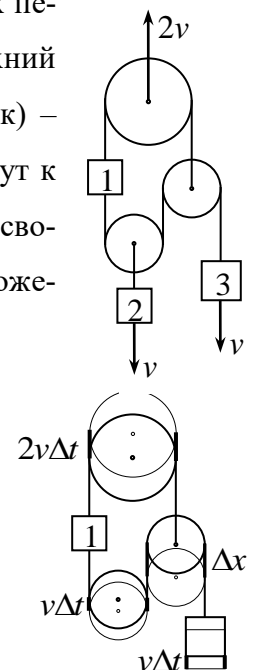
Пусть средний блок опустился вниз на величину Δx . Тогда в самом левом участке (от верхнего до нижнего блока) потребуется дополнительная нить длиной $2v\Delta t + v\Delta t = 3v\Delta t$, кусок нити от верхнего блока до среднего удлинится на $2v\Delta t + \Delta x$. Кусок нити от нижнего блока до среднего удлинится на $v\Delta t - \Delta x$, на такую же величину удлинится участок нити от правого блока до груза. А поскольку нить нерастяжима, сумма всех удлинений должна равняться нулю

$$3v\Delta t + 2v\Delta t + \Delta x + 2(v\Delta t - \Delta x) = 0$$

Отсюда находим, что

$$\Delta x = 7v\Delta t \quad (*)$$

Теперь легко найти перемещение груза 1. Если бы верхний блок не перемещался, а перемещался только средний (правый), то за счет его перемещения на величину $\Delta x = 7v\Delta t$, веревка из области слева от верхнего блока будет вытянута на такую величину, и, следовательно, на такую величину поднимется тело 1. Но за счет подъема верхнего блока на $2v\Delta t$ понадобится еще два кусочка веревки такой



длины (слева и справа от верхнего блока. Поэтому груз 1 поднимется на величину $11v\Delta t$, и его скорость будет равна

$$v_1 = 11v$$

Критерии оценки решения задачи

1. использована основная идея решения – условие нерастяжимости нитей – 0,5 балла,
2. правильное нахождение перемещения всех тел за малый интервал времен – 0,5 балла,
3. правильное нахождение скорости самого правого блока – 0,5 балла,
4. правильный ответ для искомой скорости груза с номером 1 – 0,5 балла,

Оценка за задачу находится как сумма оценок перечисленных пунктов. Максимальная оценка за задачу – 2 балла.

Оценка работы находится как сумма оценок за задачи. Максимальная оценка работы – 10 баллов.