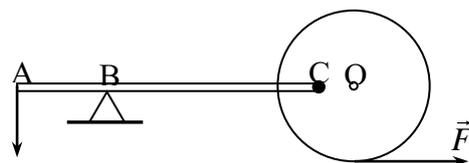


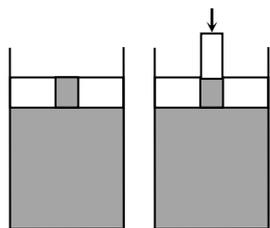
Решения
Заключительный тур олимпиады Росатом,
физика, 7 класс
2018-2019 учебный год

1. В распоряжении школьника имеется покрашенный краской кубик. Измеряя его массу и объем, школьник нашел, что плотность кубика равна ρ_0 . Потом краска сошла, и школьник увидел, что кубик состоит из трех частей одинакового объема, массы которых относятся как 1:3:6. Найти плотность самой легкой части. Массой и объемом краски пренебречь.

2. 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.

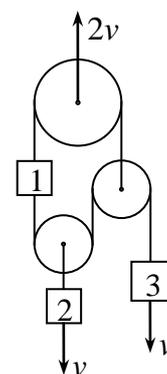


3. Долгов и Коротков бегают по гравейной дорожке стадиона. Если они побегут из одной точки в противоположные стороны они встретятся через время $t_1 = 24$ с. За какое время Долгов обгонит Короткова на круг, если они стартуют из одной точки и побегут в одну сторону. На прохождение одного круга Короткову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



4. На поверхности воды в высоком цилиндрическом стакане лежит поршень толщиной $d = 3$ см с цилиндрическим отверстием. Площадь поперечного сечения стакана $S_1 = 20$ см². Площадь сечения отверстия - $S_2 = 5$ см². В равновесии вода доходит до верхнего края отверстия (см. левый рисунок). В отверстие вставляют пробку, диаметр которой совпадает с диаметром отверстия, и начинают нажимать на нее пальцем (см. правый рисунок). Насколько переместится пробка, когда дойдет до нижнего края поршня? Зазоры между поршнем и стенками стакана и между пробкой и стенками отверстия воду не пропускают.

5. В системе из трех блоков и трех грузов известны скорости верхнего блока и двух грузов (показаны на рисунке). Найти величину и направление скорости оставшегося груза (с номером 1).



Решения. Критерии оценки задач

1. Очевидно, средняя плотность кубика, которую и измерил школьник, так связана с массами и объемами частей кубика

$$\rho_0 = \frac{M}{V} = \frac{m + 3m + 6m}{3v}$$

где M и V - масса и объем всего кубика, m - масса самой легкой части, v - ее объем. Отсюда находим

$$\rho_0 = \frac{10m}{3v} = \frac{10}{3} \rho$$

где ρ - плотность самой легкой части. Поэтому

$$\rho = \frac{3}{10} \rho_0$$

Критерии оценки задачи

1. Использовано правильное определение плотности – 0,5 балла,
2. Использована правильная формула для средней плотности кубика – 0,5 балла,
3. Получено правильное уравнение для плотности самой легкой части – 0,5 балла,
4. Правильный ответ – 0,5 балла,

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

2. 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

$$F_1 AB = F_2 BC \quad \Rightarrow \quad F_2 = \frac{1}{3} F_1$$

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

$$F_1 = 3F_2 = 8F = 80 \text{ Н.}$$

Критерии оценки задачи

1. Правильное условие равновесия диска – сумма моментов относительно центра равна нулю – 0,5 балла,
2. Правильное условие равновесия диска – сумма моментов относительно его оси равна нулю – 0,5 балла,
3. Правильно посчитаны плечи сил – 0,5 балла,
4. Правильный ответ – 0,5 балла,

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

3. 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 задачи

1. Используются 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.

4. Пробка будет выдавливать воду из отверстия, и это приведет к поднятию поршня. Пусть в тот момент, когда пробка дойдет до нижнего края отверстия, она опустится на величину Δx , а поршень поднимется на величину $d - \Delta x$. Тогда из отверстия будет выдавлен объем воды $\Delta V = \Delta x S_2$, и этот объем «разместится» на остальной (кроме отверстия) части сосуда, что и приведет к поднятию поршня на величину $d - \Delta x$. Поэтому

$$\Delta x S_2 = (d - \Delta x)(S_1 - S_2)$$

Отсюда

$$\Delta x = \frac{S_1 - S_2}{S_1} d = 2,25 \text{ см.}$$

Критерии оценки задачи

1. Понято, что нужно учитывать подъем поршня – 0,5 балла,

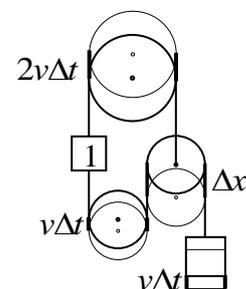
2. Использована основная идея решения – равенство объемов воды, вытесненной пробкой из отверстия, и воды, поднимающей поршень – 0,5 балла,

3. Правильное решение, правильные вычисления – 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 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.

