

Решения
Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2018-2019 учебный год,
физика, 7 класс

1. Вася и его младший брат Петя весят столько же, сколько весят 5 ящиков. Петя весит столько же, сколько весят 4 кошки. А 2 кошки и Петя вместе весят столько же, сколько весят 3 ящика. Сколько кошек уравновесят Васю?

Решение. Из условия имеем следующую систему уравнений

$$\begin{cases} m_B + m_{II} = 5m_{я} \\ m_{II} = 4m_{к} \\ 2m_{к} + m_{II} = 3m_{я} \end{cases}$$

где m_B , m_{II} , $m_{я}$ и $m_{к}$ - массы Васи, Пети, ящика и кошки. Исключая массы Пети и ящика, получим

$$m_B = 6m_{к}$$

Т.е. Вася весит столько же, сколько 6 кошек.

Критерии оценки задачи (максимальная оценка за задачу – 2 балла)

1. Правильная идея нахождения соотношения масс – составление системы уравнений и ее решение – 0,5 балла
2. Составлена правильная система уравнений – 0,5 балла
3. Правильное идея решения – исключение масс Пети и ящика – 0,5 балла
4. Правильный ответ – 0,5 балла

2. Товарный поезд и электричка, едущие навстречу друг другу с втрое отличающимися скоростями, проезжают мимо друг друга за время t_1 . Электричка доезжает до пункта назначения и едет в обратную сторону с вдвое большей, чем сначала, скоростью. В течение какого времени электричка будет по параллельному пути проезжать мимо товарного поезда?

Решение. Очевидно, в первом случае скорость электрички в три раза больше скорости товарного поезда, поскольку в противном случае электричка даже при увеличении ее скорости в 2 раза не сможет обогнать товарный поезд, двигаясь с ним в одном направлении - $v_э = 3v_m$. Время t_1 , в течение которого поезда проезжают мимо друг друга, двигаясь навстречу, определяется известным соотношением

$$t_1 = \frac{l_1 + l_2}{v_э + v_m} = \frac{l_1 + l_2}{4v_m}$$

Время t_2 , в течение которого электричка будет обгонять товарный поезд, двигаясь в одном с ним направлении, определяется следующим соотношением

$$t_2 = \frac{l_1 + l_2}{v'_э - v_m} = \frac{l_1 + l_2}{5v_э} = \frac{4}{5}t_1$$

Критерии оценки задачи (максимальная оценка за задачу – 2 балла)

1. Правильный вывод, что скорость электрички втрое больше скорости товарного поезда – 0,5 балла
2. Использование формул «расстояние-время-скорость» для обоих поездов – 0,5 балла
3. Правильная система уравнений, из которой можно найти время обгона – 0,5 балла
4. Правильный ответ для времени обгона – 0,5 балла

3. Сплав изготовили из трех разных кусков трех разных металлов: металла с плотностью ρ объемом V , металла плотностью 3ρ объемом $2V$ и металла плотностью 5ρ объемом $4V$. Найти плотность сплава. Считать, что объем сплава равен сумме объемов его компонент.

Решение. Плотностью сплава является отношение его массы к его объему, при этом масса сплава равна сумме масс его компонент, а объем сумме объемов. Используя это определение и находя массы компонент сплава и его объем, получим

$$\rho_0 = \frac{\rho V + 3\rho 2V + 5\rho 4V}{V + 2V + 4V} = \frac{\rho V (1 + 6 + 20)}{7V} = \frac{27}{7} \rho$$

Критерии оценки задачи (максимальная оценка за задачу – 2 балла)

1. Правильное использование формулы связи массы, объема и плотности – 0,5 балла
2. Правильная исходная формула для плотности сплава – 0,5 балла
3. Правильное нахождение масс компонент сплава – 0,5 балла
4. Правильная формула для плотности сплава – 0,5 балла

4. Осень 2018 года была долгой и теплой. Но в конце сентября начались обильные листопады. Дворник Иван Иванович чистит от листьев дорожку в парке. В начале каждого часа он проходит дорожку в одну сторону и сметает с нее 1200 листьев. Потом Иван Иванович сразу же разворачивается и на обратном пути сметает с дорожки 120 листьев. Сколько времени тратит Иван Иванович на проход по дорожке в одну сторону? Сколько листьев останется на дорожке после его прохода по дорожке в обе стороны? Листья падают равномерно.

Решение. Пусть на всю дорожку в единицу времени падает n листьев. А поскольку они падают равномерно и дворник ходит с постоянной скоростью, при проходе по всей дорожке на ней остается половина того количества листьев, которые упали за время прохода, а половину этих листьев он сметет. Действительно, пусть к моменту начала прохода вся дорожка была чистая. Тогда в каждой точке дорожки дворник сможет смести те листья, которые упадут от начала его прохода до того времени, как он в этой точке оказался. То есть в течение небольшого времени в начале дорожке, половины времени в середине, почти полное время – в конце. А останутся – почти все листья в начале дорожки, упавшие в течение половины времени в середине, и ничего в конце. Поэтому если дворник проходит по дорожке в течение времени t , на ней остаются к моменту окончания прохода

$$\frac{1}{2} nt$$

листьев и столько же листьев он сметает. Учтем теперь вышеизложенное и составим систему уравнений для определения искомых величин.

Итак, пусть к моменту начала прохода на дорожке лежат N листьев. Тогда дворник, пройдя до конца дорожки в одну сторону сметет с нее эти листья и половину того количества, которое упало за время прохода. Или

$$N + \frac{1}{2}nt = 1200$$

листьев. При этом половина листьев, упавших за время прохода, останется. Когда дворник пройдет в обратную сторону, он сметет эти листья и еще $nt/2$ листьев, которые упадут на дорожку за время обратного прохода. Поэтому

$$nt = 120$$

А $nt/2$ листьев, которые упадут на дорожку за время обратного прохода, на ней останутся. А поскольку до начала следующего прохода пройдет время $t_0 - 2t$ ($t_0 = 60$ минут), то к началу следующего прохода на дорожке будут лежать

$$N = n(t_0 - 2t) + \frac{1}{2}nt$$

листьев. Отсюда и предыдущих формул получаем

$$\begin{cases} n(t_0 - 2t) + nt = 1200 \\ nt = 120 \end{cases}$$

Или

$$\begin{cases} nt \left(\frac{t_0}{t} - 1 \right) = 1200 \\ nt = 120 \end{cases} \quad (*)$$

Решая систему уравнений (*), найдем

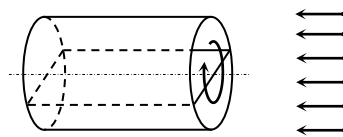
$$t = \frac{t_0}{11} = 5,45 \text{ минут}$$

Значит, проход в обе стороны Иван Иванович делает за 10,9 минуты. А после того, как дворник возвращается, на дорожке останется $nt/2 = 60$ листьев.

Критерии оценки задачи (максимальная оценка за задачу – 2 балла)

1. Сформулирована правильная идея – учесть, что в процессе прохода дворника листья продолжают падать. Обосновано, что если дорожка в начальный момент была чистой, то после ее прохода будет собрана половина упавших листьев, а половина останется – 0,5 балла – 0,5 балла
2. Получен правильный ответ для числа листьев, оставшихся на дорожке после завершения прохода – 0,5 балла.
3. Правильно связано число листьев, собранных при обратном проходе, и число листьев лежащих на дорожке в начале прохода – 0,5 балла
4. Получен правильный ответ для времени прохода – 0,5 балла

5. Труба в форме цилиндра имеет длину $L=5$ м. В трубу вставлена тонкая продольная перегородка, плотно прилегающая к стенкам трубы. Длина перегородки равна длине трубы. Она вращается вокруг оси трубы, совершая полный оборот за время $t=0,01$ с. Вдоль оси трубы летит поток частиц, имеющих одинаковую скорость. Чему равна скорость частиц, если треть частиц пролетают через трубу, а две трети задерживаются перегородкой? Считать, что любая частица, которой коснулась перегородка, задерживается ею.



Решение. Мысленно уберем перегородку и рассмотрим интервал времени, равный половине периода ее вращения $t/2$. За это время (при условии, что перегородки нет) заднее сечение трубы пересечет «часть потока частиц длиной» $vt/2$.

Учтем теперь наличие перегородки. Очевидно, что за это время перегородка «выбьет» с каждой траектории такое количество частиц, которое в тот момент, когда перегородка эту траекторию пересекает, находятся в трубе. А это значит, что из части потока длиной $vt/2$ будет удалена часть потока длиной L . А поскольку задерживаются две трети частиц, а частицы в потоке предполагаются распределенными равномерно, то отношение этих двух длин – длины участка потока, из которой удалены частицы, к полной длине прошедшего потока – и составляет две трети. За следующие полпериода все повторится и т.д. Поэтому

$$\frac{L}{(vt/2)} = \frac{2}{3}$$

Отсюда получаем

$$v = \frac{3L}{t} = 1500 \text{ м/с.}$$

Критерии оценки задачи (максимальная оценка за задачу – 2 балла)

1. Правильная основная идея – сравнить длину участка потока, который может пролететь трубу с длиной участка потока, который пересекла перегородка – 0,5 балла
2. Сравнение этих длин за половину периода вращения перегородки – 0,5 балла
3. Разумное обоснование идеи и уравнения – 0,5 балла
4. Правильная окончательная формула и правильные вычисления – 0,5 балла

Оценка работы

Оценка работы складывается из оценки задач. Максимальная оценка – 10 баллов. Допустимыми являются все целые или «полуцелые» оценки от 0 до 10.