Отборочный тур олимпиады «Росатом»,
2018-2019 учебный год, физика, 8 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

$$\begin{cases} m_В + m_П = 5m_я \\ m_П = 4m_к \\ 2m_к + m_П = 3m_я \end{cases}$$

где $m_В$, $m_П$, $m_я$ и $m_к$ - массы Васи, Пети, ящика и кошки. Исключая массы Пети и ящика, получим

$$m_В = 6m_к$$

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. Расстояние между двумя городами равно S. Первую часть пути автомобиль проехал со скоростью, в два раза большей средней скорости на всем пути, а вторую часть пути – со скоростью в три раза меньшей средней скорости на всем пути. Какова длина первой части пути?

Решение. Пусть длина первой части пути равна x. Тогда из условия задачи имеем

$$v_{ср} = \frac{S}{t} = \frac{S}{\dfrac{x}{2v_{ср}} + \dfrac{S-x}{v_{ср}/3}} = \frac{2v_{ср}S}{6S-5x}$$

где $v_{ср}$ - средняя скорость автомобиля на всем пути, t - время прохождения автомобилем всего пути. Отсюда находим

$$x = \frac{4}{5}S$$

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

1. Использована основная идея – среднюю скорость на всем пути связать со скоростями на первой и второй частях пути – 0,5 балла
2. Использовано правильное определение средней скорости – 0,5 балла
3. Правильное уравнение для нахождения длины первой части пути – 0,5 балла
4. Правильный ответ для длины первой части пути – 0,5 балла

3. К котлу парового двигателя с кипящей водой непрерывно подводят тепло мощностью $P = 15$ кВт. Образующийся при кипении водяной пар совершает работу, конденсируется в конденсаторе двигателя и возвращается в котел в виде воды с температурой $t_1 = 20°$ С, причем возвращается 95% массы выкипевшей воды, а 5% - теряются. Через какое время количество воды в котле уменьшится вдвое, если первоначально в нем было $m = 20$ кг воды? Теплота парообразования $L = 2{,}3 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплоемкость воды $c = 4{,}2 \cdot 10^3$ Дж/(кг $\cdot$ град), температура кипения воды - $t_0 = 100°$ С.

Решение. Поскольку по условию вода кипит, то возвращаемая в котел вода очень быстро нагревается до температуры кипения и устанавливается равновесие между количеством выкипевшей воды и нагревом вернувшейся в котел воды. В этом состоянии сообщенная теплота тратится на нагревание вернувшейся воды и испарение воды в котле. Это значит, что количество теплоты δQ, подведенное к котлу за малый интервал времени Δt тратится на испарение воды и нагрев вернувшейся воды от температуры $t_1 = 20°$ С до температуры кипения $t_0 = 100°$ С. Поэтому

$$\delta Q = P\Delta t = L\mu\Delta t + 0{,}95\mu\Delta t c\left(t_0 - t_1\right)$$

где μ - масса воды, испарившейся в единицу времени. Отсюда находим

$$\mu = \frac{P}{L + 0{,}95c\left(t_0 - t_1\right)}$$

А поскольку теряется 5% испарившейся воды, то в единицу времени котел теряет $\mu_1 = 0{,}05\mu$ воды. Поэтому в котле останется половина воды за время

$$t = \frac{m}{2\mu_1} = \frac{m\left(L + 0{,}95c\left(t_0 - t_1\right)\right)}{2 \cdot 0{,}05P} = 34{,}5 \cdot 10^3 \text{ с.}$$

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

1. Использование правильной идеи – уравнение теплового баланса с учетом испарения и нагревания вернувшейся воды – 0,5 балла
2. Правильное уравнение теплового баланса – 0,5 балла
3. Правильная формула для времени потери половины воды – 0,5 балла
4. Правильный численный результат – 0,5 балла

4. Осень 2018 года была долгой и теплой. Но в конце сентября начались обильные листопады. Дворник Иван Иваныч чистит от листьев дорожку в парке. В начале каждого часа он проходит дорожку в одну сторону и сметает с нее 1200 листьев. Потом Иван Иваныч сразу же разворачивается и на обратном пути сметает с дорожки 120 листьев. Сколько времени тратит Иван Иваныч 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 то 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 вышеизложеннное 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

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

листьев. Отсюда и предыдущих формул получаем

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

Или

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

Решая систему уравнений (*), найдем

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

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

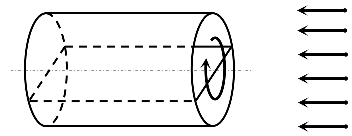
Критерии оценки задачи (Максимальная оценка за задачу – 2 балла)

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 поток длиной L. А поскольку задерживаются две трети частиц, а частицы в потоке поток 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.