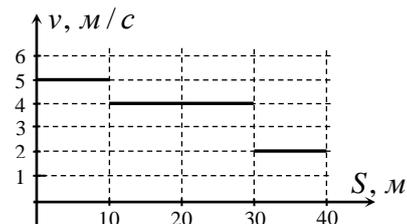
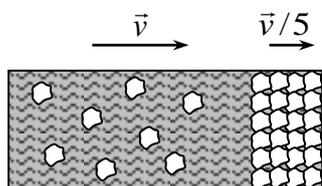
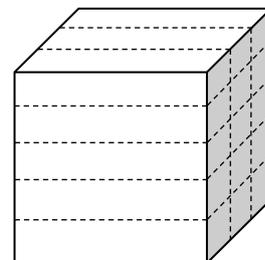


Решения и критерии оценивания
Заключительный тур олимпиады Росатом, физика, 7 класс
2019-2020 учебный год

1. На рисунке показан график зависимости скорости автомобиля v (в метрах в секунду) от пройденного им пути S (в метрах). Какой путь автомобиль прошел за первые 11 секунд своего движения?

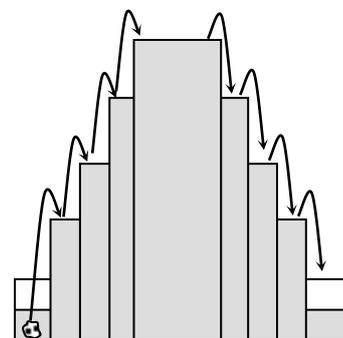


2. Для покраски поверхности куба необходимо 580 мг краски. На кубе делают 6 разрезов, распиливая его на 15 равных частей (см. рисунок). Сколько понадобится краски, чтобы покрасить все непокрашенные грани полученных тел слоем такой же толщины?

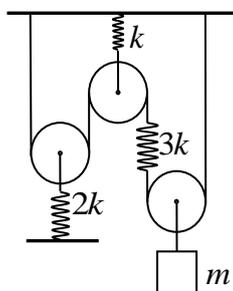


3. По реке со скоростью v плывут небольшие льдины, покрывая одну шестую часть поверхности воды. Из-за сужения реки впереди по течению льдины скапливаются, полностью покрывая поверхность воды, и движутся со скоростью $v/5$ (см. рисунок). В какую сторону и с какой средней скоростью движется граница сплошного льда. В рассматриваемой области ширина реки не меняется, льдины не перекрываются.

4. Пять цилиндрических сосудов вставлены друг в друга. Площадь основания самого маленького сосуда S , у остальных - $2S$, $3S$, $4S$ и $5S$. Высота самого широкого сосуда - h , остальных - $2h$, $3h$, $4h$ и $5h$ (см. рисунок). В сосуды налита вода: во все внутренние – до верха, в самый широкий – до половины. Кроме того, в самом широком стакане лежит камень, полностью покрытый водой. Камень переключают последовательно в более широкие сосуды, а затем назад. После того как камень снова оказался в самом широком сосуде,



широкий сосуд будет заполнен водой до самого верха, при этом вода из этого сосуда не выливалась. Найти отношение суммарного объема воды в сосудах к объему камня. Указание. Объем цилиндра равен произведению площади его основания на высоту.



5. На какое расстояние переместится тело массой m в системе, показанной на рисунке, по сравнению с положением, в котором пружины не деформированы. Коэффициенты жесткости пружин показаны на рисунке, блоки невесомы, нити не-

растяжимы.

Решения

1. Найдем, какое время автомобиль затратил на каждый участок движения.

Участок 0-10 м. Используя формулу «расстояние-время-скорость», получаем

$$t_1 = \frac{10}{5} = 2 \text{ с}$$

Участок 10-30 м.

$$t_2 = \frac{20}{4} = 5 \text{ с}$$

Участок 10-30 м.

$$t_3 = \frac{10}{2} = 5 \text{ с}$$

Таким образом, интервал времени $t = 11$ с с начала движения закончится когда тело пройдет четыре пятых последнего участка. Поэтому за этот интервал времени тело пройдет путь $S = 38$ м.

Критерии оценки задачи

1. Правильно используется формула «расстояние-время-скорость» – 0,5 балла,
2. Участник правильно понимает смысл графика зависимости скорости от времени – 0,5 балла,
3. Правильно найдены пути, пройденные на отдельных этапах движения – 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. Очевидно, каждый распил дает две новых грани с площадью, совпадающей с площадью одной грани куба. Поэтому 6 распилов дадут 12 новых граней. У куба 6 граней. Значит нужно покрасить еще две поверхности с такой же площадью, как и площадь всего куба каждая. Поэтому потребуется 1160 мг или 1,16 г краски.

Критерии оценки задачи

1. Правильно понято, что каждый разрез дает 2 две непокрашенных поверхности с площадью, равной площади одной грани куба – 0,5 балла,
2. Правильно посчитано количество новых непокрашенных поверхностей – 0,5 балла,
3. Правильно найдено, что площадь непокрашенной поверхности равна удвоенной площади куба – 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. Найдем, сколько к границе раздела «вода-лед» подплывает и уплывает льда за некоторый интервал времени Δt . Пусть искомая скорость границы «лед-чистая вода» - u и направлен по течению (это утверждение можно будет проверить по ответу). Перейдем в систему отсчета, связанной с границей. Поскольку в этой системе отсчета, граница льда покоится, то площадь льда, подплывающего к границе, равна площади льда, уплывающего от границы. Подплывают к ней за рассматриваемое время все льдины, находящиеся ближе, чем на расстоянии

$$\Delta l = (v - u) \Delta t$$

от границы. Эти льдины покрывают площадь

$$\Delta S = \frac{1}{6} \Delta l b = \frac{1}{6} (v - u) \Delta t b \quad (*)$$

где b - ширина реки. Уплывают от границы все льдины, находящиеся от нее на расстоянии

$$\Delta l_1 = \left(\frac{v}{5} - u \right) \Delta t$$

покрывающие площадь

$$\Delta S_1 = \left(\frac{v}{5} - u \right) \Delta t b. \quad (**)$$

Приравнявая площади (*), (**), получаем

$$\frac{1}{6} (v - u) = \frac{v}{5} - u.$$

Откуда находим

$$u = \frac{v}{25}.$$

Поскольку эта скорость оказалась положительной выбор направления скорости границы «вода-лед» был правильным. Т.е. граница «вода-лед» движется по течению со скоростью $u = v/25$.

Критерии оценки задачи

1. Правильная идея решения – подсчет скорости перемещения льда и скорости подплывания и накопления льдин около границы раздела - 0,5 балла,
2. Правильно найдена площадь подплываемых льдин за некоторый малый интервал времени – 0,5 балла,
3. Правильно составлено уравнение для нахождения скорости границы льда – 0,5 балла,
4. Правильный ответ – 0,5 балла,

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

4. После того как камень окажется снова в самом широком сосуде, в каждом из четырех сосудов с меньшими сечениями воды будет меньше ровно на объем камня. Вся эта вода окажется в нижнем сосуде и заполнит его доверху. А поскольку площадь сечения этого сосуда, незанятая другими сосудами, равна $5S - 4S = S$, то объем одного камня v можно найти из формулы

$$4v = S \frac{h}{2} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{Sh}{8}.$$

Полный объем воды в сосудах найдем, суммируя объемы воды в сосудах до перекалывания камня. Поскольку площадь сечения каждого сосуда, незанятая вставленным в него сосудом, равна S , находим

$$V = \frac{h}{2} S - v + S2h + S3h + S4h + S5h = \frac{29}{2} Sh - v = \frac{115}{8} Sh.$$

Отсюда находим отношение объема камня к объему воды в сосудах

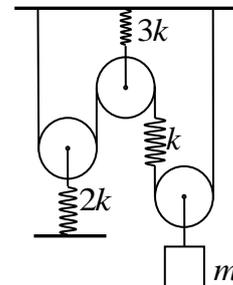
$$\frac{v}{V} = \frac{1}{115} = 0,0087$$

Критерии оценки задачи

1. Правильно понято, что после перекалывания камня в меньшие сосуды и назад в каждом из «внутренних» сосудов будет не хватать воды с объемом, равным объему камня – 0,5 балла,
2. Из условия заполнения большого сосуда правильно найден объем камня – 0,5 балла,
3. Правильно найден суммарный объем воды в сосудах – 0,5 балла,
4. Правильный ответ – 0,5 балла.

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

5. Поскольку тело находится в равновесии, сила натяжения веревки, привязанной к телу, равна mg . Следовательно, сила натяжения веревки, которая охватывает все три блока, равна $mg/2$, а сила натяжения веревки, привязывающей к полу левый блок, и удерживающей центральный, равна mg . Поэтому веревка, привязывающая к полу левый блок, растянется на



$$\Delta x_1 = \frac{mg}{2k}$$

Веревка, удерживающая центральный блок, растянется на

$$\Delta x_2 = \frac{mg}{3k}$$

а веревка, охватывающая правый блок, растянется на

$$\Delta x_3 = \frac{mg}{2k}$$

Поэтому часть веревки, охватывающей правый блок, станет длиннее на

$$\Delta l = 2\Delta x_1 + 2\Delta x_2 + \Delta x_3 = \frac{13mg}{6k}$$

что приведет к опусканию тела на

$$\Delta x = \frac{\Delta l}{2} = \frac{13mg}{12k}$$

Критерии оценки задачи

1. Правильно используется закон Гука – 0,5 балла,
2. Правильно определены силы натяжения всех веревок – 0,5 балла,
3. Правильно определена связь величины опускания груза и удлинения каждой веревки – 0,5 балла,
4. Правильный ответ – 0,5 балла,

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