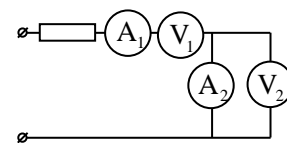


**Решения и критерии оценивания**  
**Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2023-2024 учебный год,**  
**Олимпиада памяти И.В.Савельева, физика, 9 класс**

1. Две машины выехали одновременно навстречу друг другу из городов А и В. Машины встретились на расстоянии  $l$  от А, затем доехали до городов В и А, развернулись и поехали назад. Вторая встреча машин произошла на расстоянии  $3l/4$  от города В. Найти расстояние АВ. Скорости машин постоянны.

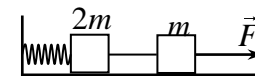
2. Имеются три стакана, содержащих массы  $m$ ,  $3m$  и  $4m$  воды при температурах  $2t$ ,  $3t$  и  $t$  соответственно (температуры заданы в градусах Цельсия). После переливаний воды из стакана в стакан оказалось, что в первом стакане  $3m$  воды с температурой  $t$ , во втором -  $2m$  с температурой  $2t$ . Найти температуру воды в третьем стакане. Теплоемкостью стаканов и теплопотерями пренебречь.

3. Электрическая цепь, состоит из двух одинаковых амперметров, двух одинаковых вольтметров, источника напряжения и резистора. Известны показания амперметров  $A_1$  и  $A_2$  -  $I_1 = 1$  А и  $I_2 = 5I_1/6$  соответственно, и показания вольтметра  $V_1$  -  $U_1 = 100$  В. Найти сопротивления вольтметров и амперметров, а также показания вольтметра  $V_2$ .



4. Тело движется с постоянным ускорением вдоль некоторой оси, стартуя в момент времени  $t = 0$  из точки с координатой  $x_0$  с некоторой начальной скоростью. Известно, что в точке с координатой  $x_1$  ( $x_1 > x_0$ ) тело побывало дважды – в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$ . Какой путь пройдет тело до того момента времени, когда его скорость станет равна начальной?

5. На горизонтальном столе лежат два тела с массой  $2m$  и  $m$ , связанные невесомой нерастяжимой нитью и прикрепленные за тело с массой  $2m$  к



вертикальной стенке с помощью пружины. На тело массой  $m$  действует внешняя сила  $\vec{F}$  (см. рисунок), а тела покоятся. В некоторый момент времени внешняя сила мгновенно уменьшается в два раза по величине, не изменяя направление. Найти ускорения тел сразу после этого. Трения нет.

## Решения и критерии оценивания

1. Очевидно, что сумма расстояний, пройденных машинами до первой встречи, равна расстоянию между городами А и Б. За время, прошедшее между первой и второй встречей машин, они успеют доехать до своих пунктов назначения (сумма расстояний равна  $S$ ), развернуться, поехать навстречу друг другу и проехать до встречи такие расстояния, сумма которых также равна  $S$ . Поэтому сумма расстояний, пройденных машинами от первой их встречи до второй, равна удвоенному расстоянию между городами А и В. Поэтому и время, прошедшее от первой встречи машин до второй, вдвое больше времени, прошедшего от выхода машин из «своих» городов до первой встречи. Поэтому каждая машина пройдет от первой встречи до второй вдвое большее расстояние, чем от выхода до первой встречи. А так как машина, вышедшая из города А до первой встречи прошла расстояние  $l$ , то от первой встречи до второй она пройдет расстояние  $2l$ . При этом она успеет доехать до города В (т.е. пройти расстояние  $S - l$ ) и пройти расстояние  $3l/4$  до второй встречи. Поэтому

$$2l = (S - l) + \frac{3}{4}l$$

Отсюда находим

$$S = \frac{9}{4}l$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

1. Правильное использование формул «расстояние-время-скорость» – 1 балл
2. Правильная формула для времени первой встречи двух машин – 1 балл
3. Правильное утверждение, что время второй встречи втрое больше времени первой – 1 балл
4. Правильно найдены расстояния, пройденные машинами до первой встречи и до второй – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл.

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

2. Поскольку вода не терялась и не добавлялась в систему, то очевидно, что в третьем стакане находится масса воды  $3m$ . Далее. Сумма количеств теплоты, полученных всеми порциями воды, должна равняться нулю. Следовательно, сумма величин  $cmt$  ( $c$  - удельная теплоемкость воды) во всех стаканах не должна измениться по сравнению с ее значением в начальном состоянии. Поэтому

$$cm2t + c3m3t + c4mt = c3mt + c2m2t + c3mt_1$$

где  $t_1$  - искомая температура воды в третьем стакане. Отсюда находим

$$t_1 = \frac{8}{3}t$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

1. Правильная основная идея решения задачи – использование закона сохранения энергии - 1 балл
  2. Правильно найдена масса воды в третьем стакане после переливаний – 1 балл
  3. Правильное уравнение теплового баланса – 2 балла
  4. Правильный ответ для температуры воды в третьем стакане – 1 балл.
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

3. Через вольтметр  $V_1$  течет такой же ток  $I_1$ , как и через амперметр  $A_1$  (они соединены последовательно). Напряжение на нем -  $U_1$ . Поэтому по закону Ома для участка цепи находим сопротивление вольтметра

$$r_V = \frac{U_1}{I_1} = 100 \text{ Ом.}$$

В узле, где цепь разветвляется, ток  $I_1$  делится на две части

$$I_1 = I_2 + I_{2V}$$

где  $I_{2V}$  - ток, текущий через вольтметр  $V_2$ . Отсюда по закону Ома для вольтметра  $V_2$  находим показания вольтметра  $V_2$

$$U_2 = I_{2V} r_V = (I_1 - I_2) \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_1}{6} = 16,7 \text{ В}$$

Чтобы найти сопротивление амперметра заметим, что при разветвлении цепи ток делится в отношении обратном отношению сопротивлений

$$\frac{I_2}{I_{2V}} = \frac{r_V}{r_A}$$

Отсюда

$$r_A = r_V \frac{I_{2V}}{I_2} = \frac{U_1 (I_1 - I_2)}{I_1 I_2} = \frac{U_1}{5I_1} = 20 \text{ Ом}$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

1. Правильная основная идея решения задачи – амперметр показывает ток через себя, вольтметр – напряжение на самом себе - 1 балл
  2. Правильно найдена сопротивление вольтметра – 1 балл
  3. Правильно найдены показания второго вольтметра – 1 балл
  4. Правильный вывод, что отношение токов через второй вольтметр и второй амперметр равно отношению сопротивлений амперметра и вольтметра – 1 балл
  5. Правильно найдено сопротивление амперметра – 1 балл.
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. Поскольку тело дважды попадает в одну точку, то в процессе движения оно разворачивается. Следовательно, векторы начальной скорости и ускорения направлены противоположно. При этом, как известно, движение от начальной точки до точки остановки и от точки остановки до начальной точки тело затрачивает одинаковой время. Поэтому момент остановки тела находится точно посередине между моментами  $t_1$  и  $t_2$ . Т.е. время  $t_0$ , которое прошло с момента старта до остановки, равно

$$t_0 = \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

А поскольку скорость тела будет равна начальной в тот момент, когда оно окажется в начальной точке, то время, прошедшее до этого момента, равно удвоенному времени  $t_0$ .

Так как скорость тела в момент времени  $t_0$  равна нулю, из закона равноускоренного движения для скорости тела получаем

$$v_0 = at_0 = a \frac{(t_1 + t_2)}{2}$$

где  $v_0$  - начальная скорость тела,  $a$  - его ускорение. С другой стороны, закон движения для момента времени  $t_1$  дает

$$x_1 - x_0 = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2}$$

Выражая из предыдущей формулы начальную скорость  $v_0$  и подставляя ее в это уравнение, получим

$$x_1 - x_0 = \frac{a(t_1 + t_2)}{2} t_1 - \frac{at_1^2}{2} = \frac{at_1 t_2}{2}$$

Отсюда находим

$$a = \frac{2(x_1 - x_0)}{t_1 t_2}$$

Путь  $S$ , пройденный телом до того момента, когда его скорость равна начальной, равен удвоенному пути от точки или от точки остановки до начальной точки. Поэтому

$$S = 2 \frac{a(t_1 + t_2)^2}{8}$$

Подставляя в эту формулу ускорение тела, получим

$$S = \frac{(x_1 - x_0)(t_1 + t_2)^2}{2t_1 t_2}$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

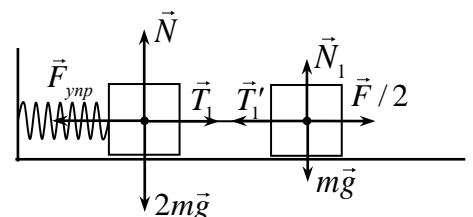
1. Правильное утверждение, что векторы начальной скорости тела и его ускорения направлены противоположно - 1 балл
2. Правильные уравнения равноускоренного движения – 1 балл
3. Правильная связь начальной скорости и ускорения – 1 балл
4. Правильно найдено ускорение тела – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл.

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

5. Поскольку на тела действует внешняя сила, а они покоятся, то в положении, о котором говорится в условии, пружина растянута. И силы упругости пружины и натяжения нити равны внешней силе  $F$  :

$$F_{\text{упр}} = F, \quad T = F$$

Сразу после мгновенного уменьшения величины внешней силы тела еще не успеют переместиться, поэтому сила упругости не изменится. А вот сила натяжения нити может измениться – так как нить нерастяжима, то сила натяжения возникает и изменяется при бесконечно малых изменениях положений тел. Силы, действующие на тела, показаны на рисунке. Второй закон Ньютона для тел дает



$$2m\vec{a} = 2m\vec{g} + \vec{F}_{\text{упр}} + \vec{N} + \vec{T}_1$$

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}_1' + \vec{N}_1 + \vec{F}/2$$

причем ускорения тел  $\vec{a}$  и модули сил натяжения  $\vec{T}_1$  и  $\vec{T}_1'$  одинаковы, так как нить нерастяжима и невесома. В проекциях на горизонтальную ось, направленную от тел к стенке, эти уравнения дают

$$2ma = F_{\text{упр}} - T_1$$

$$ma = T_1 - F/2$$

Подставляя в эту систему уравнений значение силы упругости  $F_{\text{упр}} = F$  и решая ее, найдем ускорения тел

$$a = \frac{F}{6m}$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

1. Правильное нахождение силы упругости пружины и силы натяжения нити в первом случае – 1 балл
2. Правильный вывод, что при мгновенном уменьшении внешней силы сила упругости пружины не успевает измениться, а сила натяжения нити может измениться – 1 балл
3. Правильный второй закон Ньютона для тел – 1 балл
4. Правильное условие связи для ускорений тел – 1 балл
5. Правильный ответ для ускорения тел – 1 балл.

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

Если участник понял и обосновал, что тела можно рассматривать как одно тело и использовал второй закон Ньютона для такого тела, при условии получения правильного ответа ставится максимальный балл.

**Оценка работы**

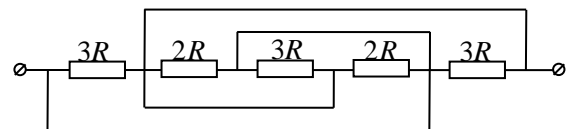
Оценка работы складывается из оценки задач. Максимальная оценка – 25 баллов. Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 25.

**Решения и критерии оценивания**  
**Отборочный тур олимпиады «Росатом» и Инженерной олимпиады школьников на**  
**региональных площадках, комплект 1**  
**2023-2024 учебный год,**  
**физика, 9 класс**

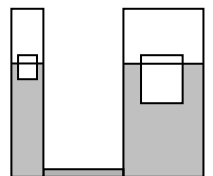
1. Имеется два тела – холодное и горячее, причем масса холодного втрое больше массы горячего. Холодное имеет температуру  $t_1 = 60^\circ\text{C}$ , горячее -  $t_2 = 140^\circ\text{C}$ . Удельная теплоемкость вещества более горячего тела вдвое больше удельной теплоемкости более холодного. Тела приводят в тепловой контакт, и более холодное тело нагревается до температуры  $t_x = 70^\circ\text{C}$  за время  $t = 2$  мин. Какой будет в этот момент температура более горячего тела? Нагреется ли более холодное тело до температуры  $t_y = 80^\circ\text{C}$  еще за такое же время? Ответ обосновать. Теплообменом с окружающими телами пренебречь.

2. Две машины ездят следующим образом между городами А и В, расстояние между которыми  $S = 100$  км: (1) машины выехали одновременно из городов А и В и поехали навстречу друг другу с разными скоростями; (2) доехав до городов В и А соответственно машины мгновенно разворачиваются и едут назад к городам, откуда они выехали. Там они снова мгновенно разворачиваются, едут к городам А и В, снова разворачиваются и т.д. (3) скорость каждой машины постоянна. Известно, что третья встреча машин произошла через время  $t = 3$  часа 20 минут после начала их движения. Через сколько времени после начала движения машин произошла их первая встреча? Какое расстояние прошла до третьей встречи вторая машина, если первая прошла расстояние  $S_1 = 285$  км? Чему равны скорости машин? Во время трех первых встреч машины ехали навстречу друг другу.

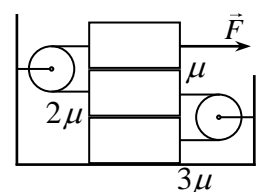
3. Найти сопротивление электрической цепи, схема которой показана на рисунке. Известно, что  $R = 10$  Ом. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.



4. Имеются два цилиндрических сообщающихся сосуда с водой связанных внизу узкой трубкой. Площади сечений сосудов относятся как  $S_1 : S_2 = 1 : k$ . В сосуды опускают два тела, которые плавают в воде: в первый – тело объемом  $V$  и плотностью  $\rho$ , во второй – тело объемом  $nV$  и плотностью  $m\rho$ . На сколько увеличится высота уровня жидкости в каждом сосуде по сравнению с первоначальным положением? Плотность воды  $\rho_0$ .



5. Три одинаковых бруска массой  $m$  каждый положили друг на друга и связали двумя невесомыми нерастяжимыми нитями, которые перебросили через два неподвижных невесомых блока (см. рисунок). Какой минимальной горизонтальной силой  $\vec{F}$  можно сдвинуть верхний брусок, если коэффициент



трения между верхним и средним бруском равен  $\mu$ , между средним и нижним бруском -  $2\mu$ , между нижним бруском и поверхностью -  $3\mu$  (см. рисунок)? Найти также силы натяжения верхней и нижней нитей (см. рисунок)

## Решения и критерии оценивания

1. Поскольку холодное тело нагрелось за 2 минуты от температуры  $t_1 = 60^\circ\text{C}$  до температуры  $t_x = 70^\circ\text{C}$ , то оно получило за это время количество теплоты

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_x - t_1)$$

где  $c_1$  - удельная теплоемкость вещества более холодного тела. А так как теплообмена с окружающими телами не было, то такое же количество теплоты потеряло более горячее тело, охладившись от температуры  $t_2 = 140^\circ\text{C}$  до искомой температуры  $t'_2$ . Поэтому

$$c_1 m_1 (t_x - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t'_2)$$

где  $c_2$  - теплоемкость вещества горячего тела. Отсюда получаем

$$t'_2 = t_2 - \frac{c_1 m_1}{c_2 m_2} (t_x - t_1) = t_2 - \frac{3}{2} (t_x - t_1) = 125^\circ\text{C}$$

Еще за две минуты более холодное тело не успеет нагреться еще на  $10^\circ\text{C}$ . Это связано с тем, что скорость теплообмена между двумя телами зависит от разности температур между этими телами – чем больше разность температур, тем больше скорость теплообмена. Но за первые две минуты (при разности начальных температур между телами  $t_2 - t_1 = 80^\circ\text{C}$ ) горячее тело отдало столько теплоты, что холодное тело нагрелось на  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ . Поэтому при разности начальных температур  $t_x - t'_2 = 55^\circ\text{C}$  горячее тело отдаст меньшее количество теплоты, потому за те же самые 2 минуты более холодное тело нагреется меньше, чем на  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ .

### Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное использование формулы для количества теплоты, полученного телом – 1 балл
2. Правильное уравнение теплового баланса - 1 балл
3. Получена правильная формула для температуры более горячего тела в тот момент, когда холодное нагрелось до температуры 70 градусов – 1 балл
4. Правильное значение этой температуры – 1 балл
5. Правильный вывод, что еще за 2 минуты, холодное не успеет нагреться еще на 10 градусов – 1 балл

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

2. Очевидно, что сумма расстояний, пройденных машинами от момента их выхода из «своих» городов до первой встречи, равна расстоянию между городами. До второй встречи каждая машина успеет доехать до своего пункта назначения, развернуться и доехать до второй встречи с другой машиной. Поэтому сумма расстояний, пройденных машинами от первой встречи до второй равна удвоенному расстоянию между городами, т.е. она вдвое больше суммы расстояний, пройденных машинами от выхода из своих городов до первой встречи. От второй встречи до третьей машины в сумме проходят также удвоенное расстояние между городами. И т.д. А поскольку машины движутся с постоянными скоростями, то для времен справедливы те же соотношения: время от первой встречи до второй вдвое больше времени от выхода до первой встречи. Время от второй встречи до третьей равно времени от первой встречи до второй. И т.д. Это справедливо, пока во время встречи они

движутся навстречу друг другу. Поскольку скорости машин - разные, наступит такой момент, когда во время какой-то по номеру встречи более быстрая машина будет догонять вторую, двигаясь с ней в одном направлении. В этом случае, время, прошедшее от предыдущей встречи до данной, будет меньше предыдущих времен встречи.

Из приведенных рассуждений следует, что время  $t_{0-3} = t$ , прошедшее от выхода машин из «своих» городов до третьей встречи, в пять раз больше времени  $t_{0-1}$ , прошедшего от выхода машин до первой встречи. Поэтому время до первой встречи равно

$$t_{0-1} = \frac{t}{5} = 40 \text{ минут}$$

Поскольку до третьей встречи машины в сумме прошли расстояние  $5S$ , то вторая машина прошла до третьей встречи расстояние

$$S_2 = 5S - S_1 = 215 \text{ км}$$

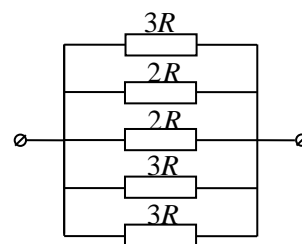
Поскольку первая машина до третьей встречи прошла расстояние  $S_1 = 285$  км, а вторая -  $S_2 = 215$  км за время  $t = 3$  часа 20 минут, скорости машин равны

$$v_1 = \frac{S_1}{t} = 86,3 \text{ км/час}, \quad v_2 = \frac{S_2}{t} = 65,1 \text{ км/час}$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

1. Правильное использование формулы «расстояние-время-скорость» – 1 балл
  2. Правильное утверждение (с обоснованием), что сумма расстояний от одной встречи машин до следующей равно удвоенному расстоянию между городами - 1 балл
  3. Правильный ответ для времени первой встречи – 1 балл
  4. Правильный ответ для расстояния, пройденного второй машиной до третьей встречи – 1 балл
  5. Правильные скорости машин – 1 балл
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

3. С помощью деформации соединительных проводов (что не меняет сопротивления исходной цепи) данную в условии электрическую цепь можно привести к такому виду, из которого очевидно, что резисторы соединены параллельно (см. рисунок). Поэтому общее сопротивление  $R_{об}$  этой цепи можно найти как



$$\frac{1}{R_{об}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{3R} + \frac{1}{3R} + \frac{1}{3R} \quad \Rightarrow \quad R_{об} = \frac{R}{2} = 5 \text{ Ом.}$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

1. Правильные формулы для сложения сопротивлений – 1 балл
  2. Правильная эквивалентная схема цепи – все резисторы соединены параллельно - 2 балла
  3. Правильный ответ (формула) для эквивалентного сопротивления – 1 балл
  4. Правильный ответ (число) для эквивалентного сопротивления – 1 балл
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. Докажем сначала, что уровни жидкости в сообщающихся сосудах, в которых плавают какие-то тела, будет одинаковым. Для этого найдем давление около дна сосуда с жидкостью, в которой



плавает какое-то тело. При этом жидкость действует на тело силой Архимеда, и (по третьему закону Ньютона) точно такой же силой тело действует на жидкость. Но сила Архимеда равна весу жидкости в объеме тела, находящемся в жидкости. Поэтому если мысленно вытащить тело из жидкости и заполнить тот объем тела, который находился в жидкости, такой же жидкостью, то распределение сил в жидкости не изменится. И, следовательно, давление около дна сосуда с жидкостью, в котором плавает какое-то тело, равно  $\rho gh$ , где  $\rho$  - плотность жидкости,  $g$  - ускорение свободного падения, а  $h$  - высота уровня жидкости в сосуде вместе с плавающим телом. А поскольку условием равновесия жидкости в сообщающихся сосудах является равенство давлений жидкости около дна каждого из колен сообщающихся сосудов, то и уровень жидкости в сосудах (вместе с плавающими в них телами) будет одинаковым.

Теперь легко найти и величину подъема жидкости в сосудах при опускании в них плавающих тел. Для этого нужно найти суммарный объем жидкости, вытесненный телами, и распределить его так по сосудам, чтобы уровень жидкости в них был одинаковым. Условие плавания первого тела дает

$$\rho g V = \rho_0 g V_{\text{выт},1} \quad \Rightarrow \quad V_{\text{выт},1} = \frac{\rho}{\rho_0} V$$

где  $V_{\text{выт},1}$  - объем жидкости, вытесненный первым телом. Аналогично для второго тела

$$m \rho g n V = \rho_0 g V_{\text{выт},2} \quad \Rightarrow \quad V_{\text{выт},2} = \frac{mn\rho}{\rho_0} V$$

Поэтому тела вытеснят следующий объем жидкости

$$V_{\text{выт}} = V_{\text{выт},1} + V_{\text{выт},2} = \frac{(1+mn)\rho V}{\rho_0}$$

Этот объем разместится в сосудах так, что уровни жидкости в них будут одинаковы. Поэтому для высоты  $h$  подъема уровня жидкости в сосудах по сравнению с начальным положением имеем

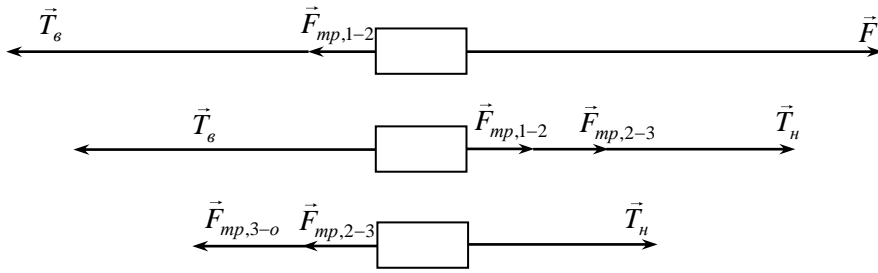
$$hS + hkS = V_{\text{выт}}, \quad \Rightarrow \quad h = \frac{(1+mn)\rho V}{(1+k)\rho_0 S}$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

- 1. Правильный вывод (с обоснованием), что уровни воды в сосудах с плавающими телами будут одинаковыми – 1 балл**
- 2. Правильный закон Архимеда для тел - 1 балл**
- 3. Правильно найдены объемы вытесненной телами воды – 1 балл**
- 4. Правильное соотношение для распределения объемов вытесненной воды в узком и широком сосуде – 1 балл**
- 5. Правильный ответ – 1 балл**

**Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.**

**5.** Так как нити нерастяжимые, то при сдвиге верхнего бруска, все бруски одновременно придут в движение. Исследуем момент начала движения всех брусков. Силы, действующие на бруски в горизонтальном направлении, показаны на рисунке



На верхний брусок действует внешняя сила  $\vec{F}$ , сила натяжения верхней нити  $\vec{T}_g$  и сила трения между ним и средним бруском  $\vec{F}_{mp,1-2}$  (см. рисунок). На средний брусок действует сила натяжения верхней нити (такая же, как на верхний, поскольку нить не имеет массы), противоположно две силы трения – со стороны верхнего и нижнего брусков, а также сила натяжения нижней нити. На нижний брусок действует сила натяжения нижней нити и две силы трения – со стороны среднего бруска и опоры. В момент начала скольжения ускорения брусков равны нулю, а силы трения принимают максимальные значения. А поскольку сила реакции между верхним и средним бруском равна  $mg$ , между средним и нижним бруском -  $2mg$ , между нижним бруском и поверхностью -  $3mg$ , второй закон Ньютона для брусков в момент начала скольжения в проекциях на горизонтальную ось дает

$$\begin{aligned}
 F &= T_g + \mu mg \\
 T_g &= T_n + \mu mg + 4\mu mg \\
 T_n &= 4\mu mg + 9\mu mg
 \end{aligned}$$

Складывая эти уравнения, найдем минимальную силу  $F$ , которую нужно приложить к верхнему бруску, чтобы сдвинуть его с места

$$F = 19\mu mg$$

а затем из этой системы уравнений и силы натяжения нитей

$$T_g = 18\mu mg, T_n = 13\mu mg$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

1. Правильно расставлены силы, действующие на тела системы – 1 балл
  2. Правильная система уравнений для сил в момент начала скольжения грузов - 1 балл
  3. Правильное использование формулы для силы трения скольжения – 1 балл
  4. Правильный ответ для минимальной внешней силы – 1 балл
  5. Правильный ответ для сил натяжения верхней и нижней нитей – 1 балл
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

**Оценка работы**

Оценка работы складывается из оценок всех задач. Максимальная оценка – 25 баллов. Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 25.

**Решения и критерии оценивания**  
**Отборочный тур олимпиады «Росатом» и Инженерной олимпиады школьников на**  
**региональных площадках,**  
**2023-2024 учебный год, 2 комплект**  
**физика, 9 класс**

**1 вариант**

- 1.** Два груза с массами  $m_1$  и  $m_2$  уравновешены на неравноплечих весах ( $m_1 < m_2$ ). Грузы меняют местами, добавляя к грузу  $m_2$  еще три точно таких же груза, и равновесие весов нарушается. Какой дополнительный груз следует добавить к грузу  $m_1$ , чтобы равновесие весов восстановилось?
- 2.** Два друга решили сосчитать количество ступенек эскалатора, находящихся между входом и выходом с него. Они одновременно ступили на эскалатор, причем в то время, как один делал два шага, другой делал один шаг (все шаги делались на следующую ступеньку - через ступеньки никто из них не перескакивал). Чтобы дойти до верхнего конца эскалатора, тому кто шагал быстрее, пришлось сделать 32 шага, другому - 24 шага. Сколько ступенек имеет эскалатор снизу доверху?
- 3.** Автомобиль начинает двигаться из состояния покоя с постоянным ускорением и за шестую секунду проходит путь  $S = 10$  м. Найдите величину ускорения автомобиля.
- 4.** Фигуристы исполняют следующий элемент: фигуристка вращается с постоянной скоростью вокруг своей оси, фигурист также с постоянной скоростью совершает обороты вокруг партнерши (в том же направлении). Известно, что фигурист сделал два полных оборота вокруг партнерши за время  $t = 8$  секунд, за это время фигуристка  $n = 7$  раз повернулась лицом к своему партнеру, причем первый раз (из этих 7) фигуристка была повернута к нему лицом в самом начале элемента, последний – в конце. За какое время фигуристка совершает один оборот?
- 5.** На горизонтальной доске лежит мел. Коэффициент трения между доской и мелом  $k = 0,3$ . Доске резко сообщают горизонтальную скорость  $v_0 = 4$  м/с, а через время  $\tau = 1$  с резко останавливают. Найти длину следа мела на доске. Считать, что при скольжении по доске мел оставляет след; если мел движется по уже оставленному следу, то длина следа не изменяется.  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

## Решения и критерии оценивания

1. Условия равновесия грузов в первом и втором случае дают

$$m_1 l_1 = m_2 l_2$$
$$2m_2 l_1 = (m_1 + \Delta m) l_2$$

где  $l_1$  и  $l_2$  - плечи весов,  $\Delta m$  - масса дополнительного груза. Деля уравнения друг на друга, находим

$$\Delta m = \frac{2m_2^2 - m_1^2}{m_1}$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

1. Правильное условие равновесия грузов на рычаге – 1 балл
2. Правильное условие равновесия в первом случае – 1 балл
3. Правильное условие равновесия грузов на рычаге во втором случае (с дополнительным грузом) – 1 балл
4. Правильная система уравнений для дополнительного груза – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл.

2. Пусть количество ступенек на эскалаторе сверху донизу равно  $N$ , длина каждой ступеньки (вдоль эскалатора) равна  $\Delta l$ , первый друг совершает шаг за время  $\Delta t$ , второй – за время  $2\Delta t$ .

Так как первый друг сделал во время подъема 28 шагов, то он затратил на это время  $28\Delta t$ , а  $N - 28$  ступенек ушли наверх под порожек эскалатора. Поэтому скорость эскалатора равна

$$v_{\text{э}} = \frac{(N - 28)\Delta l}{28\Delta t}$$

Второй сделал 21 шаг, значит за время  $42\Delta t$  под верхний порожек эскалатора ушли  $N - 21$  ступенек. Поэтому скорость эскалатора будет равна

$$v_{\text{э}} = \frac{(N - 21)\Delta l}{42\Delta t}$$

Приравнивая эти скорости и решая уравнение относительно  $N$ , получим

$$N = 42$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

1. Правильное использование формулы «расстояние-время-скорость» – 1 балл
2. Правильно найдена скорость эскалатора через количество шагов первого человека – 1 балл
3. Правильно найдена скорость эскалатора через количество шагов второго человека – 1 балл
4. Правильное уравнение для количества ступеней – 1 балл
5. Правильный ответ (формула и число) – 1 балл.

3. Координаты автомобиля через 9 и 10 секунд после начала движения равны

$$x_9 = \frac{at_9^2}{2}; \quad x_{10} = \frac{at_{10}^2}{2}$$

где  $t_9 = 9$  с и  $t_{10} = 10$  с. Отсюда находим путь  $S$ , пройденный за десятую секунду после начала движения

$$S = x_{10} - x_9 = \frac{a(t_{10}^2 - t_9^2)}{2}$$

Отсюда

$$a = \frac{2S}{(t_{10}^2 - t_9^2)} = 1,05 \text{ м/с}^2.$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

1. Правильное пользование законов равноускоренного движения – 1 балл
2. Нахождение путей, пройденных не с начала движения, через разности путей, пройденных с начала движения – 1 балл
3. Правильное уравнение для ускорения автомобиля – 1 балл
4. Правильный ответ (формула) – 1 балл
5. Правильный ответ (число) – 1 балл.

4. Пусть угловая скорость вращения фигуристки  $\omega_2$ , фигуриста  $\omega_1$  ( $\omega_2 > \omega_1$ ). Очевидно

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{t_1}; \quad \omega_2 = \frac{2\pi}{t_2}$$

где  $t_1 = t/2$  и  $t_2$  - время полного оборота фигуриста и фигуристки. В системе отсчета, связанной с фигуристкой, фигурист вращается в противоположном направлении с угловой скоростью  $\omega_2 - \omega_1$ .

Время полного оборота фигуриста вокруг фигуристки, которое с одной стороны есть  $t/(n-1)$ , равно

$$\frac{t}{n-1} = \frac{2\pi}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{t_2 t_1}{t_1 - t_2} \Rightarrow \frac{n-1}{t} = \frac{1}{t_2} - \frac{2}{t} \Rightarrow t_2 = \frac{t}{n+1} = 1 \text{ с}$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

1. Правильное соотношение между периодами обращения фигуриста и фигуристки – 1 балл
2. Правильные формулы для времени поворота фигуриста и фигуристки – 1 балл
3. Правильное уравнение для времени поворота фигуристки – 1 балл
4. Правильный ответ (формула) – 1 балл
5. Правильный ответ (число) – 1 балл.

5. Когда доске резко сообщают скорость, мел начинает скользить по доске и движется с постоянным ускорением  $a = kg$  (причем движение мела относительно доски происходит в направлении, противоположном направлению движения доски). Если за то время, время пока доска движется, мел

успевает приобрести скорость доски, то он проходит по доске путь  $S = \frac{v_0^2}{2kg}$ , а дальше движется

вместе с доской. Поэтому след на доске имеет длину  $S$ . Если теперь доску мгновенно остановить, мел будет двигаться относительно доски в противоположную сторону, и пройдет точно такой же путь до остановки (т.к. его начальная скорость и ускорение такие же). Поэтому мел остановится в той же точке, где он находился до сообщения доске скорости, и, следовательно, длина следа и равна

$$S = \frac{v_0^2}{2kg} \quad (*)$$

Если время  $\tau$  мало ( $\tau < v/kg$ ), то мел не успевает приобрести скорость доски, а до остановки проходит расстояние

$$S_1 = v_0 \tau - \frac{kg \tau^2}{2} \quad (**)$$

Которое меньше, чем расстояние (\*). Если теперь доску остановить, то мел относительно доски будет иметь скорость  $kg\tau$  и пройдет в обратную сторону до остановки следующий путь

$$S_2 = \frac{kg\tau^2}{2} \quad (***)$$

Поскольку  $kg\tau < v_0$ , то «обратный» путь мела по доске  $S_2$  меньше «прямого», поэтому длина следа на доске равна  $S_1$  (\*\*).

Итак, длина следа мела на доске определяется формулой (\*), если  $\tau > v_0/kg$ , и формулой (\*\*), если  $\tau < v_0/kg$ . В первом варианте:  $\tau = 1$  с,  $k = 0,3$ ,  $v_0 = 5$  м/с. Поэтому  $\tau < v_0/kg$ . Длина следа

$$S_1 = v_0\tau - \frac{kg\tau^2}{2} = 3,5 \text{ м}$$

**Критерии оценивания решений задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)**

**1. Правильное ускорение мела – 1 балл**

**2. Качественно правильное рассмотрение движения мела относительно доски в случае, когда доску останавливают, пока мел двигался относительно нее, или когда успел остановиться – 1 балл**

**3. Правильный ответ для длины следа в первом случае – 1 балл**

**4. Правильный ответ для длины следа во втором случае – 1 балл**

**5. Правильные численные результаты – 1 балл.**

**Оценка работы**

**Оценка работы складывается из оценок всех задач. Максимальная оценка – 25 баллов. Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 25.**