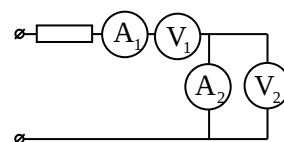


Решения и критерии оценивания
Отборочный тур олимпиады «Росатом», 2023-2024 учебный год,
Олимпиада памяти И.В.Савельева, физика, 9 класс

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.

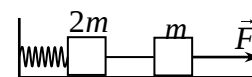
2. Имеются три стакана, содержащих массы m , $3m$ и $4m$ воды при температурах $2t$, $3t$ и t соответственно (температуры заданы в градусах Цельсия). После переливаний воды из стакана в стакан оказалось, что в первом стакане $3m$ воды с температурой t , во втором - $2m$ с температурой $2t$. Найти температуру 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 $cm\Delta t$ (c – удельная теплоемкость воды) во всех стаканах не должна измениться по сравнению с ее значением в начальном состоянии. Поэтому

$$cm_1\Delta t_1 + c3m\Delta t_2 + c4m\Delta t_3 = c3m\Delta t_1 + c2m\Delta t_2 + c3m\Delta t_3$$

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 найдено 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 одинаковое 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)

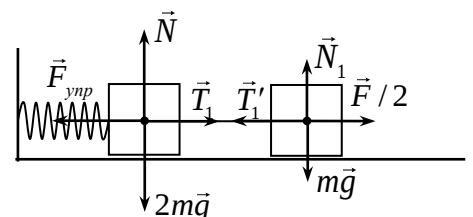
1. Правильное утверждение, что векторы начальной скорости тела и его ускорения направлены противоположно - 1 балл
2. Правильные уравнения равноускоренного движения – 1 балл
3. Правильная связь начальной скорости и ускорения – 1 балл
4. Правильно найдено ускорение тела – 1 балл
5. Правильный ответ – 1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