ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ 2024-2025
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ
10 КЛАСС

Задание подготовлено Красиным М.С., к.п.н., доцентом кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского

Условия, возможные решения, критерии оценки

1. ***«Средняя скорость 10».*** (10 баллов) Первую треть всего времени движения автомобиль двигался со скоростью 216 км/ч. Затем его скорость была 24 м/с. Так он проехал одну пятую часть пути. Последний участок он проехал со скоростью 240 м/мин. Определите среднюю скорость автомобиля на всём пути.

1. «Средняя скорость 10». **Возможное решение**. Выражаем скорости в одинаковых единицах измерения $v_1 = 60$ м/с , $v_2 = 24$ м/с, $v_3 = 4$ м/с (1)

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t} \quad (2)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{s_1 + s_{\text{ост}}}{t} = \frac{v_1 \frac{1}{3} t + s_{\text{ост}}}{t} = v_1 \frac{1}{3} + \frac{s_{\text{ост}}}{t} \quad (3)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{3} v_1 + \frac{s_2 + s_3}{t} = \frac{1}{3} v_1 + \frac{s}{5t} + \frac{s_3}{t} \quad (4)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{3} v_1 + \frac{1}{5} v_{\text{ср}} + \frac{s_3}{t} \ , \qquad v_{\text{ср}} = \frac{1}{3} v_1 + \frac{1}{5} v_{\text{ср}} + \frac{v_3 (t - t_1 - t_2)}{t} \quad (5)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{3} v_1 + \frac{1}{5} v_{\text{ср}} + \frac{2}{3} v_3 - v_3 \frac{t_2}{t} \quad (6)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{3} v_1 + \frac{1}{5} v_{\text{ср}} + \frac{2}{3} v_3 - v_3 \frac{s}{5 v_2 t} \quad (7)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{3} v_1 + \frac{1}{5} v_{\text{ср}} + \frac{2}{3} v_3 - v_3 \frac{v_{\text{ср}}}{5 v_2} \quad (8)$$

$$v_{\text{ср}} \left(\frac{4}{5} + \frac{v_3}{5 v_2} \right) = \frac{1}{3} v_1 + \frac{2}{3} v_3 \quad (9)$$

Получаем итоговую расчётную формулу

$$v_{\text{ср}} = \frac{\frac{1}{3} v_1 + \frac{2}{3} v_3}{\left(\frac{4}{5} + \frac{v_3}{5 v_2} \right)} = \frac{(v_1 + 2 v_3) 5 v_2}{3 (4 v_2 + v_3)}$$

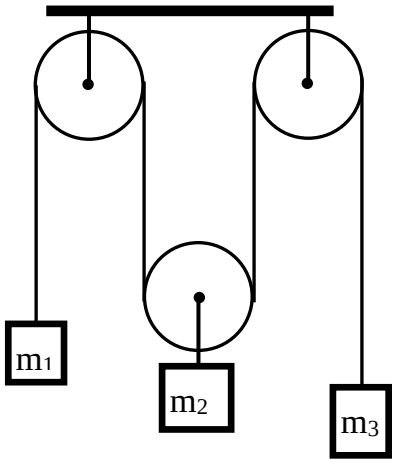
Или решаем численно

$$v_{\text{ср}} \left(\frac{4}{5} + \frac{4}{5 \cdot 24} \right) = \frac{1}{3} 60 + 4 \frac{2}{3}$$

$$v_{\text{ср}} = 27{,}2 \text{ м/с} \approx 27 \text{м/с} \quad (10)$$

Критерии оценки. За каждый пункт (1) – (10) добавлять по 1 баллу. За численное решение, которое можно было использовать на самых ранних этапах решения, оценку не снижать. Если итоговый ответ не округлён до целых, то оценку не снижать.

2. «***Блоки 10***». (10 баллов) Через два неподвижных и один подвижный блоки перекинута тонкая очень лёгкая практически нерастяжимая нить. К краям нити и подвижному блоку подвешены грузы. Массы грузов $m_1 = 100$ г, $m_2 = 200$ г, $m_3 = 300$ г. Какой из грузов (один) надо придерживать, чтобы система оставалась неподвижной? Какую силу необходимо для этого прикладывать? С какими ускорениями и в какую сторону начнут двигаться грузы, если систему отпустить. Каждый ответ обоснуйте. Массой блоков и трением можно пренебречь. Свободные участки нити считать вертикальными. $g = 10$ м/с^2



2. «***Блоки 10***». (10 баллов) **Возможное решение**. **Ответ 1**: Удерживать, вернее, поддерживать надо груз m_3. **Пояснение**: учитывая условия, можно сделать вывод, что силы натяжения нити

везде одинаковы по модулю. Если на груз m_1 действует сила T, то на подвижный блок, с прикреплённым к нему грузом m_2 действует сила $2T$, а масса $m_2 = 2m_1$, значит, если T не равна m_1, то $2T \neq 2m_1 g$, т.е. если удерживать груз m_1, то груз m_2 не будет в равновесии без поддерживающей (удерживающей) силы. Аналогично рассуждая, понимаем, что и груз m_2 нельзя удерживать. Значит, это должен быть груз m_3

Ответ 2: удерживающая сила должна быть равна 2Н. **Пояснение**: Если удерживают груз m_3, то груз m_1 находится в равновесии. Значит, сила натяжения нити равна $T = m_1 g = 1$ Н. Такая же сила действует на груз m_3. Разность между силой тяжести и силой натяжении нити определяет величину силы, необходимой для поддержания системы.

Ответ 3: первый и второй грузы движутся вверх с ускорением $2\ м/с^2$, а третий – вниз, с ускорением $6\ м/с^2$

Пояснение: Проведём ось X вниз и запишем 2 закон Ньютона для грузов m_1 и m_3, а также для системы груз m_2 – подвижный блок

$$m_1 g - T = m_1 a_{1x}, \quad (1), \qquad m_2 g - 2T = m_2 a_{2x} \quad (2), \qquad m_3 g - T = m_3 a_{3x} \quad (3)$$

Для решения системы, нужно ещё одно уравнение. Его можно получить из условия нерастяжимости нити.

Способ 1. Выразим длину нити через координаты грузов

$$L = (x_1 - 0) + l + (x_2 - 0) + l + (x_2 - 0) + l + (x_3 - 0) \qquad (4)$$

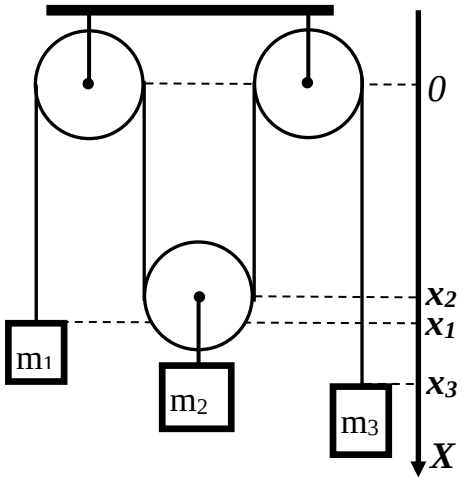
Это соотношение будет выполняться для любого момента рассматриваемого движения грузов. Поэтому можно записать, что

$$0 = (x_1 - x_{01}) + (x_2 - x_{02}) + (x_2 - x_{02}) + (x_3 - x_{03}) \qquad (5)$$

Учитывая, что $x - x_0 = \frac{a_x}{2}\Delta t^2$ (6)

Получаем взаимосвязь между ускорениями

$$a_{1x} + 2a_{2x} + a_{3x} = 0 \qquad (7)$$



Способ 2.

Учитывая, что $m_2 = 2m_1$ и соотношения (1) и (2), делаем вывод, что

$$a_{1x} = a_{2x} \qquad (8)$$

Если эти грузы за малый интервал времени сместятся на Δx, то груз m_3 сместится в противоположную сторону на $3\Delta x$. Поэтому для ускорений будет иметь место соотношение $a_{3x} = -3a_{1x}$ (9)

Продолжение решения для обоих способов

Решая систему уравнений (1), (2), (3), (7) или (1), (3), (8), (9), получаем

$$a_{1x} = a_{2x} = -0{,}2g = -2\ м/с^2, \qquad a_{3x} = 0{,}6g = 6\ м/с^2$$

Значит, первый и второй грузы движутся вверх с ускорением $2\ м/с^2$, а третий – вниз с ускорением $6\ м/с^2$

Критерии оценки. За обоснованный ответ на вопрос 1 ставить 1 или 2 балла (на усмотрение жюри). За обоснованный ответ на вопрос 2 ставить 1 балл. Ответы без обоснования не оценивать. За корректную запись законов Ньютона для каждого груза ставить 2 балла за все три уравнения. За нахождение взаимосвязи между ускорениями ставить 2 балла. За указание направления движения грузов ставить 1 балл. За нахождение числовых значений ускорений грузов ставить 2 балла. Если допущена на каком-то этапе ошибка, но потом найденное значение правильно используется в дальнейших расчётах, то за каждый следующий оцениваемый этап ставить половину баллов от номинального. Итоговый ответ округлить до целого с избытком.

3. ***«Сопротивления 10».*** (10 баллов) Десятиклассница Вольтметрикова. Решила измерить сопротивление резистора. Но у неё был только очень точный вольметр с очень большим внутренним сопротивлением, ещё один резистор, сопротивление которого было очень точно измерено и равно 12 Ом, измерительные провода с очень малым сопротивлением и источник

тока, напряжение на котором могло изменяться в зависимости от сопротивления, подключенного к нему участку электрической цепи. Вольтметрикова немного подумала, собрала цепь и провела два измерения вольтметром. Как она это сделала, она не сказала, лишь сообщила, что в первом измерения вольтметр показал 24 В, а второй раз 8 В. Каким оказалось неизвестное сопротивление. Какую цепь (какие цепи) она собирала для измерения? Погрешностями измерений можно пренебречь. Считать, что Вольтметрикова измерила всё правильно.

3. «Сопротивления 10». (10 баллов) **Возможное решение**. Чтобы напряжение на источнике не изменялось во время измерений надо включить оба сопротивления последовательно. (1)
В этом случае сила тока через них будет одинаковой. (2)
В этом случае отношение напряжений на участках цепи будет прямо пропорционально отношению их сопротивлений (3)
Но, поскольку указаний о том, как подключался вольтметр, то возможны несколько вариантов.
Вариант 1. 24 В это напряжение на известном резисторе, а 8 В на неизвестном, тогда сопротивление неизвестного в три раза меньше известного и равно 4 Ом.
Вариант 2. 24 В это напряжение на неизвестном резисторе, а 8 В на известном, тогда сопротивление неизвестного равно 36 Ом.
Вариант 3. 24 В это общее напряжение на обоих резисторах, а 8 В на неизвестном, тогда сопротивление неизвестного равно 6 Ом.
Вариант 4. 24 В это общее напряжение на обоих резисторах, а 8 В на известном, тогда сопротивление неизвестного равно 24 Ом.

Критерии оценки. За пункт (1) ставить 2 балла
За пункты (2)-(3) ставить по 1 баллу.
За правильный один из вариантов ставить 3 балла
За каждый следующий вариант добавлять по 1 баллу
Если допущена математическая ошибка, то за этот пункт оценку не ставить.

4. «Теплообмен 10». (10 баллов) В теплоизолированном сосуде находится 200 г воды при температуре $20\ ^\circ C$. В воду кладут 100 г льда при температуре $-10\ ^\circ C$. Определите температуру и содержимое сосуда после установления теплового равновесия. Удельная теплоёмкость воды равна $4200\ Дж/кг^\circ C$, удельная теплота плавления льда равна $3{,}4\cdot 10^5\ Дж/кг$, удельная теплота парообразования воды равна $2{,}3\cdot 10^6\ Дж/кг$, удельная теплоёмкость льда равна $2100\ Дж/кг^\circ C$.

4. «Теплообмен 10». (10 баллов) **Возможное решение.** Лёд начнёт нагреваться, а вода охлаждаться. (1)
Проведём предварительную оценку результата теплообмена. Найдём количество теплоты, которое могла бы выделить вода при остывании до $0^\circ C$:
$Q_1 = c_в m_в (t_в - 0)$, получаем $Q_1 = 16800\ \ Дж$. (2)
Найдём количество теплоты, которое необходимо для нагревания льда до $0^\circ C$.
$Q_2 = c_л m_л (0 - t_л)$, получаем $Q_2 = 4200\ \ Дж$. (3)
Видим, что $Q_1 > Q_2$, значит, лёд нагреется до нуля раньше воды и начнёт плавиться. (4)
Количество теплоты, которое необходимо для плавления всего льда равно $Q_3 = \lambda m_л$,
получаем $Q_3 = 34000\ \ Дж$. (5)
Видим, что $Q_2 + Q_3 > Q_1$. Значит, когда вода охладится до нуля, лёд ещё не весь растает. (6).
Следовательно, в калориметре установится температура $0^\circ C$.
За счет этого лед нагреется до нуля и теплообмен закончится. (7)
Выясним, сколько льда растаяло, для этого запишем уравнение теплового баланса $Q_1 = Q_2 + \lambda m_{рл}$
. (8)
Откуда $m_{рл} = \dfrac{Q_1 - Q_2}{\lambda}$, т.е. $m_{рл} = 0{,}037\ \ кг$. (9)

Следовательно, в сосуде окажется 237 г воды и 63 г льда. (10)

Критерии оценки. За каждый пункт ставить 1 балл

При альтернативном решении градацию баллов принять похожую и записать её, чтобы учащиеся при апелляции и региональная комиссия при возможной перепроверке могли понять.

5. ***«Давление потока 10».*** (10 баллов) Струя воды ударяется о вертикальную стенку, расположенную перпендикулярно к струе. После удара струя стекает вниз по стене. Найдите силу, с которой струя действует на стену, если площадь сечения струи $5\ см^2$, а её скорость $8\ м/с$.

5. ***«Давление потока 10».*** (10 баллов) **Возможное решение.** Согласно закону сохранения импульса можно записать $\Delta m \cdot (0 - \upsilon) = -F \cdot \Delta t$, (1)

где Δm - масса воды, которая за время Δt ударяется о стену.

Тогда $F = \dfrac{\Delta m \cdot \upsilon}{\Delta t} = \dfrac{\rho \cdot \Delta V \cdot \upsilon}{\Delta t}$. (2)

Учтём, что $\dfrac{\Delta V}{\Delta t} = S \cdot \upsilon$ (3)

и получим $F = \rho S \upsilon^2$. (4)

Подставив числовые значения, получаем $F = 32\ H$. (5)

Критерии оценки. За каждый пункт ставить 2 балла