

**МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЧЛЕНОВ ЖЮРИ
(КЛЮЧИ, КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ)
Максимальное количество баллов – 50 баллов**

Задача №1. (10 баллов)

Пассажир поезда, движущегося со скоростью $u=72$ км/ч, видит из окна низко летящий самолет, который пролетел над ним и удаляется в направлении, перпендикулярном плоскости окна. Чему равна скорость самолета относительно поезда, если относительно Земли он движется со скоростью, равной $V=28$ м/с? Под каким углом к направлению движения поезда (относительно Земли) движется самолёт относительно Земли? Решение сопроводить рисунком с обоснованием ориентации векторов.

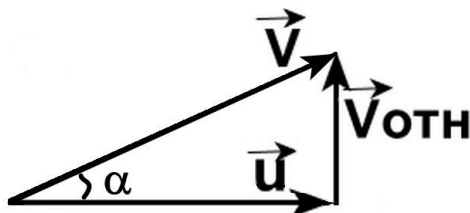
Возможное решение:

Переведем скорость поезда в систему СИ:

$$u=72\text{км/ч}=20\text{ м/с}$$

(1 балл)

Построим векторную диаграмму скоростей:



(3 балла)

Так как угол между вектором скорости удаляющегося самолета относительно движущегося наблюдателя и вектором скорости поезда 90° , вектор скорости самолета относительно Земли ориентирован под углом α к вектору скорости поезда относительно Земли. Для простоты решения задачи можно воспользоваться правилом параллельного переноса векторов, отложив вектор V и u от одной точки. Тогда вектор относительной скорости будет соединять концы векторов u и V

(1 балла)

$$\text{Запишем формулу относительной скорости: } \overrightarrow{V_{\text{отн}}} = \overrightarrow{V_{\text{сам}}} - \overrightarrow{u_{\text{поез}}}$$

(2 балла)

Вычислим модуль относительной скорости:

$$V_{\text{отн}} = \sqrt{V^2 - u^2} = \sqrt{28^2 - 20^2} \approx 19.6 \text{ м/с}$$

(1 балл)

Для определения угла между вектором скорости самолета относительно Земли и вектором скорости поезда относительно Земли:

$$\alpha = \arccos(u/V) \approx 44.4^\circ. \quad (2 \text{ балл})$$

Критерии оценивания:

1. Сделан перевод единиц измерения в СИ - **1 балл**
2. Правильно построена векторная диаграмма скоростей – **3 балла**
3. Показано понимание принципа относительности Галилея путем обоснования выбора направлений скоростей – **1 балл**
4. Корректно записана формула правила сложения скоростей – **2 балла**
5. Вычислен модуль относительной скорости (с использованием теоремы Пифагора). – **1 балл**
6. Определен угол между векторами скоростей – **2 балл.**

Задача № 2. (10 баллов)

Во время испытания квадрокоптера, поднимающегося из состояния покоя вертикально вверх с ускорением $1,75 \text{ м/с}^2$, через 20 секунд испытаний отвалилась деталь, через какое время после отрыва деталь упадет на Землю? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2

Возможное решение:

1. Найдем высоту h_1 , на которой был квадрокоптер, когда оторвалась деталь.

$$h_1 = at^2_1/2 \quad h_1 = 1,75 \cdot 400/2 = 350 \text{ м} \quad (1 \text{ балл})$$

2. Найдем начальную скорость для оторвавшейся детали

$$V_1 = V_0 + a \cdot t_1 \quad V_1 = 1,75 \cdot 20 = 35 \text{ м/с} \quad (1 \text{ балл})$$

3. Деталь по инерции поднимется на высоту h_2 . Учитывая, что в верхней точке траектории $V = 0 \text{ м/с}$ по формуле $h_2 = (V^2 - V^2_1)/(-2g)$ находим, что

$$h_2 = 61,25 \text{ м} \quad (2 \text{ балла})$$

4. Найдем время движения детали по инерции

$$V = V_1 - g \cdot t_2 \quad t_2 = V_1/g \quad t_2 = 35/10 = 3,5 \text{ с} \quad (2 \text{ балла})$$

5. Найдем общую высоту подъема детали вверх

$$h = h_1 + h_2 \quad h = 350 \text{ м} + 61,25 \text{ м} = 411,25 \text{ м} \quad (1 \text{ балл})$$

6. Найдем время падения t_3 детали с максимальной высоты

$$t_3 = (2h/g)^{1/2} \quad t_3 = (2 \cdot 411,25/10)^{1/2} = 9,07 \text{ с} \quad (2 \text{ балла})$$

7. Найдем общее время падения

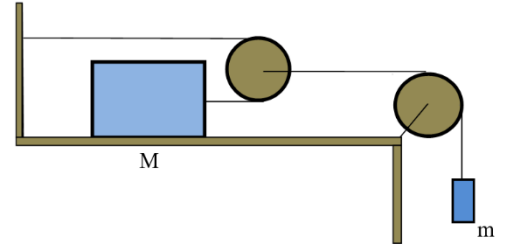
$$t = t_2 + t_3 \quad t = 3,5 \text{ с} + 9,07 \text{ с} = 12,57 \text{ с}$$

Критерии оценивания:

1. Найдена высота, на которой был квадрокоптер, когда оторвалась деталь - 1 балл
2. Найдена начальная скорость оторвавшейся детали - 1 балл
3. Найдена высота, на которую деталь поднимается по инерции - 2 балла
4. Найдено время движения детали по инерции - 2 балла
5. Найдена вся высота подъема детали вверх 1 - балл
6. Найдено время падения детали с максимальной высоты - 2 балла
7. Найдено все время падения - 1 балл

Задача №3. (10 баллов)

На испытательном стенде проверяют работу подъемного механизма, в котором ящик массой $M=4\text{ кг}$, установленный на гладкой горизонтальной направляющей, соединен через систему легких блоков с противовесом массой $m=2\text{ кг}$, свисающем вниз. Трение в направляющих отсутствует, блоки и трос считать идеальными. Определите ускорение противовеса при движении системы.

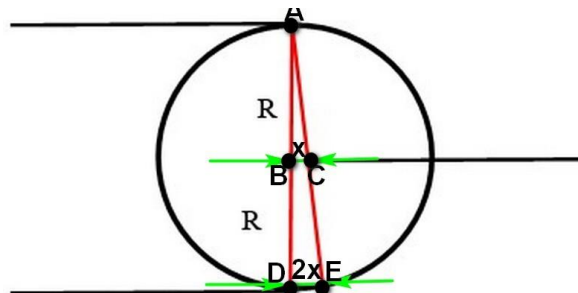


Возможное решение:

Для начала покажем, что ускорение, с которым движется ящик, в два раза больше ускорения противовеса.

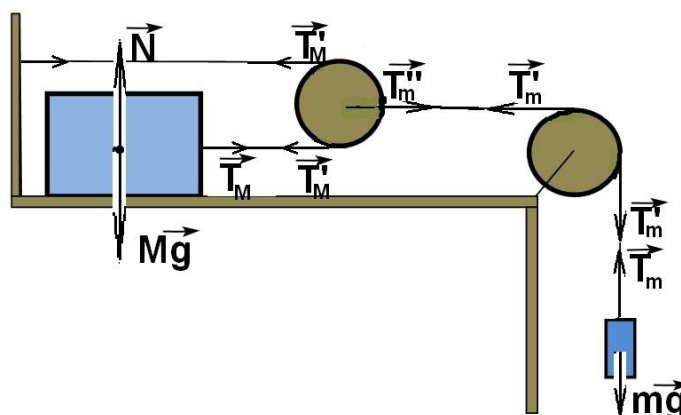
Учитывая, что при начале движения скорость равна нулю, формула ускорения $a=2x/t^2$

Если мысленно зафиксировать точку контакта верхней веревки и блока, то смещение блока вперед вместе с противовесом на расстояние x , приводит к смещению ящика на расстояние $2x$ за то же самое время.



(так как треугольники ABC и ADE подобные, а $AB=R$, $AD=2R$).

Следовательно, ускорение ящика в 2 раза больше ускорения противовеса. (2 балла)



Второй закон Ньютона для противовеса: $mg - T = ma$ (2 балла)

Второй закон Ньютона для ящика: $T/2 = M \cdot 2a$ (2 балла)

В результате получаем: $a = mg/4M+t$ (3 балла)

Расчет : $a = 2 \cdot 10 / 4 \cdot 4 + 2 \approx 1,1 \text{ м/с}^2$ (1 балл)

Критерии оценивания:

1. Установлена связь между ускорениями тяжелого и легкого грузов - **2 балла**
2. Записан второй закон Ньютона для легкого груза – **2 балла**
3. Записан второй закон Ньютона для тяжелого бруска – **2 балла**
4. Получена формула для расчета ускорения – **3 балла**
5. Выполнены вычисления – **1 балл**

Задача № 4. (10 баллов)

Костя и Коля решали задачу: В теплоизолированный сосуд поместили $m_1 = 2$ кг льда при температуре $t_1 = -50^\circ\text{C}$ и добавили водяной пар при температуре $t_2 = 100^\circ\text{C}$. Сколько было добавлено пара, если температура содержимого в сосуде оказалось равной 0°C ? У Коли получилось 320 г, у Кости 69 г. Кто из ребят решил задачу правильно? Удельная теплоемкость льда $2100 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$. Удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 33 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$. Удельная теплота парообразования воды $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

Возможное решение:

1. Рассмотрим вариант, если в сосуде осталась только вода.

В таком случае будут проходить введем следующие величины для описания процессов:

Q_1 – количество теплоты, необходимое для нагревания льда до 0°C

Q_2 - количество теплоты, необходимое для плавления льда

Q_3 - количество теплоты, выделяющиеся при конденсации пара

Q_4 - количество теплоты, выделяющиеся при охлаждении сконденсировавшейся воды от 100°C до 0°C .

В сосуде будет только вода при 0°C .

$$\Delta t_1 = 50^\circ\text{C} \quad \Delta t_2 = 100^\circ\text{C}$$

Запишем уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$ **(2 балла)**

$$C_l m_1 \Delta t_1 + \lambda m_1 = L m_2 + C_v m_2 \Delta t_2$$

где m_1 – масса льда, m_2 - масса пара

$$m_2 = C_l m_1 \Delta t_1 + \lambda m_1 / L + C_v \Delta t_2 = 320 \text{ г}$$
 (2 балла)

2. Рассмотрим вариант, если в сосуде остался только лед.

В таком случае будут проходить введем следующие величины для описания процессов:

Q_1 – количество теплоты, необходимое для нагревания льда до 0°C

Q_2 - количество теплоты, выделяющиеся при конденсации пара

Q_3 - количество теплоты, выделяющиеся при охлаждении сконденсировавшейся воды от 100°C до 0°C .

Q_4 - количество теплоты, выделяющиеся при отвердевании воды, полученной при конденсации пара и охлаждении до 0°C

В сосуде будет только лед при 0°C .

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (2 \text{ балла})$$

$$C_{\text{л}} m_1 \Delta t_1 = L m_2 + C_{\text{в}} m_2 \Delta t_2 + \lambda m_2$$

где m_1 – масса льда, m_2 - масса пара

$$m_2 = C_{\text{л}} m_1 \Delta t / L + C_{\text{в}} \Delta t_2 + \lambda = 69 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

Ответ: Так как в задаче не сказано, о содержимом в сосуде после установления теплового равновесия, оба мальчика задачу решили правильно. (2 балла)

Критерии оценивания:

1. Написано уравнение теплового баланса, когда в сосуде будет только вода – **2 балла**
2. Выполнены расчеты по получению массы пара в этом случае – **2 балла**
3. Написано уравнение теплового баланса, когда в сосуде будет только лед – **2 балла**
4. Выполнены расчеты по получению массы пара в этом случае – **2 балла**
5. Дан правильный ответ – **2 балла**

Задача № 5. (10 баллов)

Из проволоки изготовили каркас в виде квадрата ABCD с диагональю AC. Сопротивление одной стороны квадрата равно R. На каркас подают напряжение U, подсоединив его к источнику с вершинами AC.

1. Какой участок каркаса нагреется больше всего?
2. Какая мощность выделяется на всем каркасе?
3. Какая мощность выделится на всем каркасе, если его подключить к источнику с вершинами BD?

Возможное решение:

1. Сопротивление $R_{ABC} = R_{ADC} = 2R$ (1 балл)

$R_{AC} = R \cdot 1,414$ – по теореме Пифагора, так как сопротивление проводника пропорционально его длине. (1 балл)

Участки соединены параллельно, напряжение на них одинаково и равно U.

При прохождении тока через каркас участки ABC и ADC за одно и тоже время нагреются одинаково, но меньше, чем диагональ AC.

$$Q_{ABC} = Q_{ADC} = (U^2/2R)t, \quad Q_{AC} = (U^2/R \cdot 1,414)t \quad (1 \text{ балл})$$

Таким образом, сильнее всего нагревается диагональ AC. (1 балл)

2. На всем каркасе выделится мощность $P = U^2 / R_{об}$

$$1/R_{об} = 1/R_{ABC} + 1/R_{ADC} + 1/R_{AC} \quad R_{об} = 0,59R$$

(1 балл)

$$P = U^2 / 0,59R$$

(1 балл)

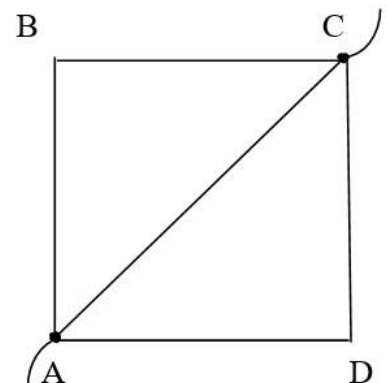
3. При включении каркаса в цепь вершинами B и D, в силу симметрии схемы ток через диагональ AC не течет. Поэтому эквивалентное сопротивление каркаса

равно R. Два параллельно соединенных проводника, сопротивлением 2R каждый.

(3 балла)

В этом случае $P = U^2 / R$

(1 балл)



Критерии оценивания:

1. Определены сопротивления R_{ABC} и R_{ADC} - **1 балл**
2. Определено сопротивление R_{AC} - **1 балл**
3. Записаны формулы для Q_{ABC} , Q_{ADC} , Q_{AC} – **1 балл**
4. Сделан вывод, что сильнее всего нагревается диагональ AC – **1 балл**
5. Получено значение для полного сопротивления $R_{об}$ – **1 балл**
6. Найдена мощность, выделяемая на всем каркасе – **1 балл**
7. Найдено полное сопротивление каркаса, при подключении к источнику вершин BD – **3 балла**
8. Записана формула для мощности, выделяющаяся на всем каркасе, если его подключить к источнику с вершинами BD – **1 балл**