

Всероссийская олимпиада школьников по физике 2023-2024 года.
Муниципальный этап. 9 класс.
Время выполнения 230 минут. Каждая задача оценивается в 10 баллов.
Поясняйте свой ответ. Желаем успехов!

Задача 1.

Два пешехода одновременно пошли навстречу друг другу по дороге от остановки автобуса и посёлка соответственно. Расстояние между остановкой и посёлком $S = 2000$ м. Через $t_1 = 5$ мин расстояние между ними оказалось равно $L_1 = 800$ м.

- 1) Каким будет расстояние L_2 между ними через $t_2 = 10$ мин после начала движения?
- 2) Через какое время t они встретятся?

Решение

Рассмотрим первый случай, когда за время $t_1 = 5$ мин они ещё не встретились. В этом случае относительная скорость сближения:

$$v_1 + v_2 = \frac{S - L_1}{t_1} = 4 \text{ м/с} \quad (1)$$

Тогда через $t_2 = 10$ мин они окажутся на расстоянии:

$$(v_1 + v_2)t_2 - S = 2400 - 2000 = 400 \text{ м} \quad (2)$$

А встреча произойдёт через время:

$$t_2 = \frac{S}{(v_1 + v_2)} = 500 \text{ с} \quad (3)$$

Рассмотрим второй случай, когда за время $t_1 = 5$ мин пешеходы уже встретились и разошлись. В этом случае относительная скорость сближения:

$$v_1 + v_2 = \frac{S + L_1}{t_1} = \frac{28}{3} \text{ м/с} \quad (4)$$

Тогда через $t_2 = 10$ мин они окажутся на расстоянии:

$$\begin{aligned} (v_1 + v_2)t_2 - S &= 5600 - 2000 = 3600 \text{ м} \\ (v_1 + v_2)(t_2 - t_1) + L &= 2800 + 800 = 3600 \text{ м} \end{aligned} \quad (5)$$

Встреча произойдёт через время:

$$t_{\text{встр}} = \frac{S}{(v_1 + v_2)} = \frac{1500}{7} = 214 \text{ с} \quad (6)$$

Критерии оценки

Рассмотрен первый случай (когда за время $t_1 = 5$ мин они ещё не встретятся)

- | | |
|--|---------|
| 1. Найдена относительная скорость сближения | 1 балл |
| 2. Найдено расстояние через время $t_2 = 10$ мин | 2 балла |
| 3. Найдено время встречи | 2 балла |

Рассмотрен второй случай (за время $t_1 = 5$ мин они уже встретятся)

- | | |
|--|---------|
| 4. Найдена относительная скорость сближения | 1 балл |
| 5. Найдено расстояние через время $t_2 = 10$ мин | 2 балла |
| 6. Найдено время встречи | 2 балла |

Задача 2. Равновесие?

Система из однородной балки массы m , груза массы $2m$, блока, груза массы M и невесомых, нерастяжимых нитей, изображённая на рис.1, находится в равновесии.

- 1) Найдите массу груза M .
- 2) С какой скоростью начнёт подниматься груз массы m , если груз массы M начать опускаться вниз со скоростью $u = 1 \text{ м/с}$?

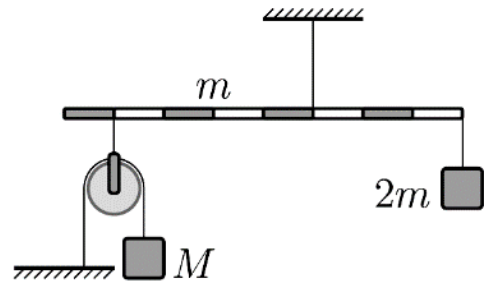
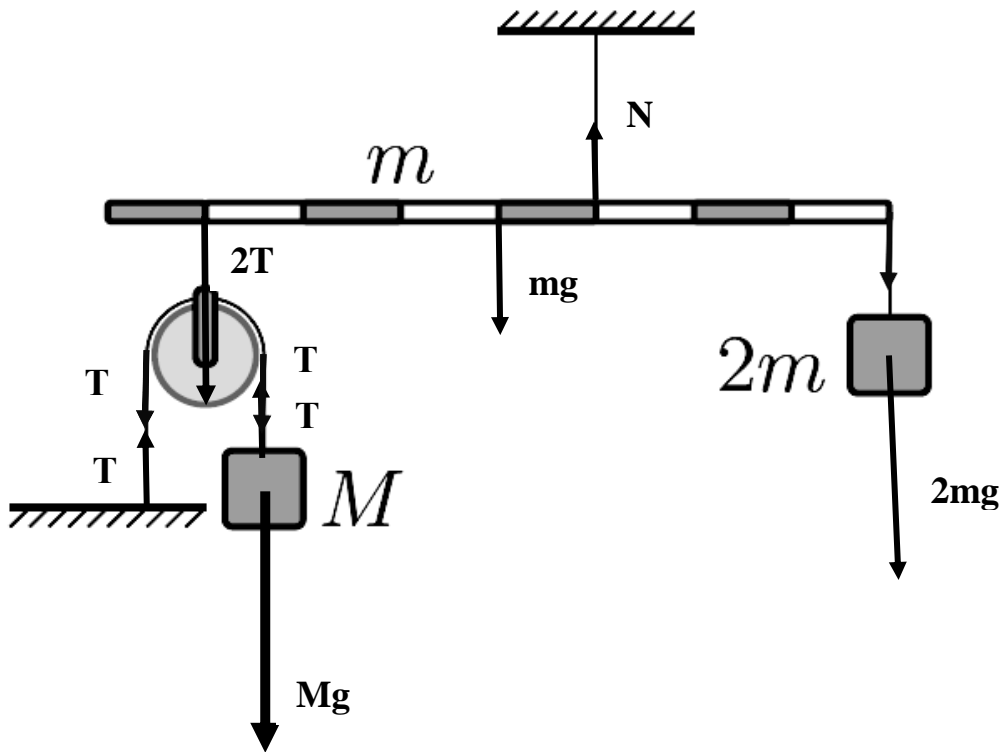


Рис.1

Решение

Расставим силы, действующие на систему на рисунке.



Если условие равновесия для моментов сил записано для точки подвеса, то указание силы N не обязательно, если использована другая точка, то указание N – обязательно.

1) Поскольку нить, перекинута через блок, нерастяжима и невесома, то её сила натяжения всюду равна T . Из условия равновесия для блока следует, что сила натяжения нити, соединяющей блок и балку, равна $2T$.

Условие равновесия для груза массы M :

$$Mg = T, \tag{1}$$

Откуда

$$2T = 2Mg. \tag{2}$$

Правило моментов для балки относительно точки подвеса:

$$2mg \cdot 3l = mg \cdot l + 2T \cdot 4l. \tag{3}$$

Решая совместно (2) и (3):

$$M = \frac{5m}{8}. \tag{4}$$

2) При опускании груза массы M на $u\Delta t$ вниз, блок сместится на величину $\Delta x_6 = \frac{u\Delta t}{2}$.

При небольшом повороте балки справедливо, что:

$$\frac{\Delta x_6}{\Delta x_{2m}} = \frac{4l}{3l}. \quad (5)$$

Откуда,

$$\Delta x_{2m} = \frac{3\Delta x_6}{4} = \frac{3u\Delta t}{8}. \quad (6)$$

А скорость поднятия груза $2m$:

$$\frac{\Delta x_{2m}}{\Delta t} = \frac{3u}{8} = 0.375 \text{ м/с}. \quad (7)$$

Критерии оценки

Расстановка сил (с учётом комментария)	1 балл
Определена сила натяжения левой нити (2)	1 балл
Записано второй условие равновесия для балки	2 балла
Найдено M (4)	1 балл
Найдена связь между перемещением груза массы M и перемещением блока	2 балла
Найдена связь между перемещением блока и груза массы $2m$	2 балла
Найдена скорость груза массы $2m$	1 балл

Задача 3. Вязкое трение

При движении в вязкой среде – жидкости или газе, на тела действует сила сопротивления, обычно пропорциональная некоторой степени скорости движения тела. Степень зависит от формы тела. Пусть форма квадрокоптера такая, что действующая на него сила сопротивления $F = \alpha v^2$, где v – скорость квадрокоптера относительно воздуха, α – постоянный коэффициент. Во сколько увеличится скорость квадрокоптера, если увеличить мощность его двигателя в 4 раза?

Решение

$$P_1 = F_1 v_1 = \alpha v_1^3 \quad (1)$$

$$P_2 = F_2 v_2 = \alpha v_2^3 \quad (2)$$

Решая совместно (1) и (2) с учётом условия получаем:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{v_2^3}{v_1^3} = 4 \quad (3)$$

Откуда

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt[3]{4} = 1.59 \quad (4)$$

Критерии оценки

Записано определение мощности (1)	2 балла
Получено выражение мощности и скорости	2 балла
Найдено соотношение (4) или аналогичное	2 балла
Получен численный ответ	4 балла

Задача 4.

В калориметре с теплоемкостью $C = 160 \text{ Дж/}^\circ\text{C}$ находится вода объемом $V = 200 \text{ мл}$ и маленькая спираль сопротивлением $R = 10 \text{ Ом}$. На спираль подается напряжение с батарейки емкость $q = 500 \text{ мА}\cdot\text{ч}$, характеризующей заряд, который она способна прокачать через себя. Найдите на сколько изменилась температура воды в калориметре после того как батарейка полностью разрядилась, если напряжение на спирали на протяжении всей работы батарейки оставалось постоянным, а ток в цепи не изменялся и составлял 1 А . Удельная теплоёмкость воды $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$.

Решение

Переведем все данные в систему СИ: $V = 0,0002\text{м}^3$; $q = 0.5\cdot 3600 \text{ А}\cdot\text{с}$

Составим уравнение теплового баланса: $(C+cm)\Delta T = A$, где $m = \rho V$, $A = I^2 R t$.

Время t может быть найдено из емкости батарейки: $t = q/I$

Таким образом, получим: $\Delta T = IRq/(C+c\rho V)$, откуда получаем $\Delta T = 18^\circ\text{C}$

Критерии оценки

Все величины переведены в систему СИ

1 балл

Составлено уравнение теплового баланса

2 балла

Записаны уравнения для определения массы воды и работы источника тока

2 балла

Записана формула времени работы источника тока

2 балла

Записана формула для расчета ΔT нагрева воды

2 балла

Расчитано $\Delta T=18$ сек

1 балл

Задача 5. Псевдоэксперимент

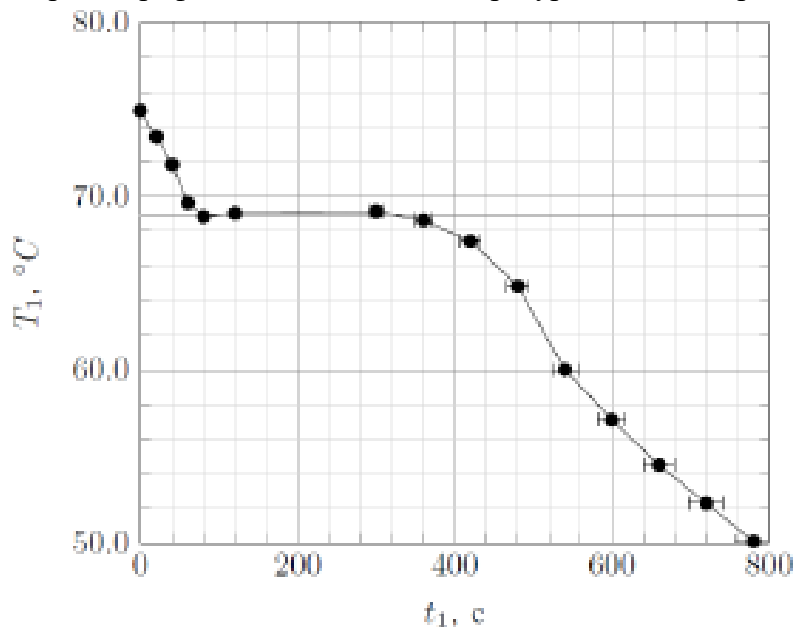
Экспериментатор Глюк исследовал образец неизвестного сплава. Для этого он поместил образец в сосуд и залил горячей водой, от чего образец расплавился. Глюк слил часть воды так, что горячая вода и образец занимали в сосуде примерно равные объёмы. Затем он измерил зависимость температуры сосуда с водой и сплавом T_1 от времени t и занёс изменения в таблицу. Масса образца $m=100$ г, масса воды в сосуде $m_1=30$ г.

$t, \text{с}$	0	20	40	60	80	120	300	360	420	480	540	600	660	720	780
$T_1, ^\circ\text{C}$	74.9	73.4	71.8	69.6	68.8	69.0	69.1	68.6	67.4	64.8	60.0	57.1	54.5	52.3	50.1

1. Постройте график и определите температуру плавления сплава $T_{\text{плав}}$ и время $t_{\text{крист}}$, за которое образец кристаллизовался. 2. Определите удельную теплоту плавления сплава, если при температуре плавления сплава, сосуд отдавал во внешнюю среду тепло со мощностью $P=10$ Вт.

Решение

Построим график зависимости температуры смеси от времени.



Поскольку смесь горячее, чем окружающая среда, то смесь постоянно теряет тепло, однако мощность теплопотерь не является постоянной. На графике присутствует горизонтальный участок – тепло отводится, а температура не падает. Этот участок соответствует кристаллизации. Температура кристаллизации сплава $T_{\text{плав}} = 69.5 \pm 0.5$ $^\circ\text{C}$. Однако, по графику видно, что после прохождения строго горизонтального участка, присутствует плавный участок. Он соответствует состоянию, когда внешняя часть сплава уже кристаллизовалась, а внутренняя ещё нет. Таким образом можно довольно точно установить время начала кристаллизации – от 60 до 80 секунд, а время окончания уже в большем интервале от 300 до 440 сек. Величина интервала по средним точкам от 70 с до 370 с – $t_{\text{крист}} = 300$ с.

Уравнение теплового баланса для кристаллизации: $N t_{\text{крист}} = \lambda m$.

Откуда имеем: $\lambda = N t_{\text{крист}} / m = 10 * 300 / 0,1 = 30 \text{ кДж/кг}$.

Критерии оценки

Построен культурный график (оси подписаны, указаны размерности, интервалы по осям равномерные, точки соединены плавной кривой) 2 балла

Определена температура плавления сплава 2 балла

Определено время кристаллизации:

1. Если есть комментарий по поводу участка от 300 до 480 секунд 4 балла

2. Если нет никакого комментария по этому участку 2 балла

Определена удельная теплота кристаллизации 2 балла