

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  $u = 1 \text{ м/с}$ ?

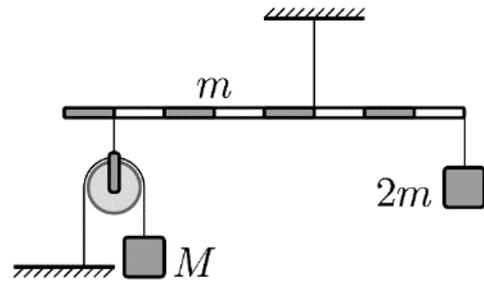
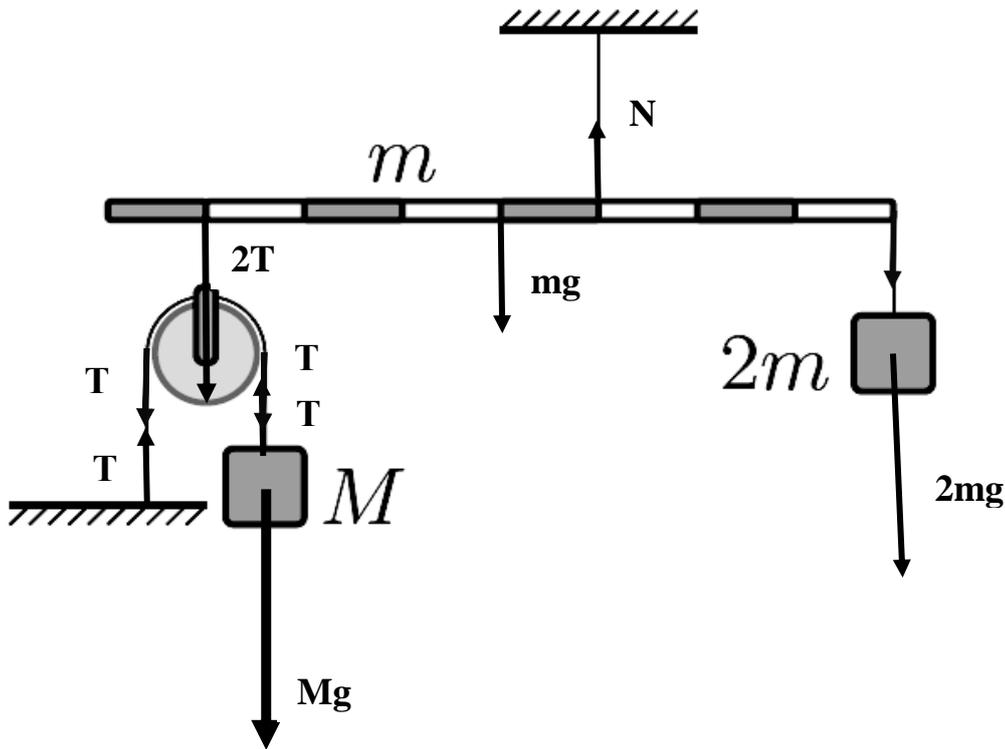


Рис.1

**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,  $\alpha$  – 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  $1 \text{ А}$ . Удельная теплоёмкость воды  $c = 4200 \text{ Дж/(кг }^\circ\text{C)}$ .

### 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 $\Delta T$ нагрева воды	2 балла
Расчитано $\Delta T=18$ сек	1 балл

### Задача 5. Псевдоэксперимент

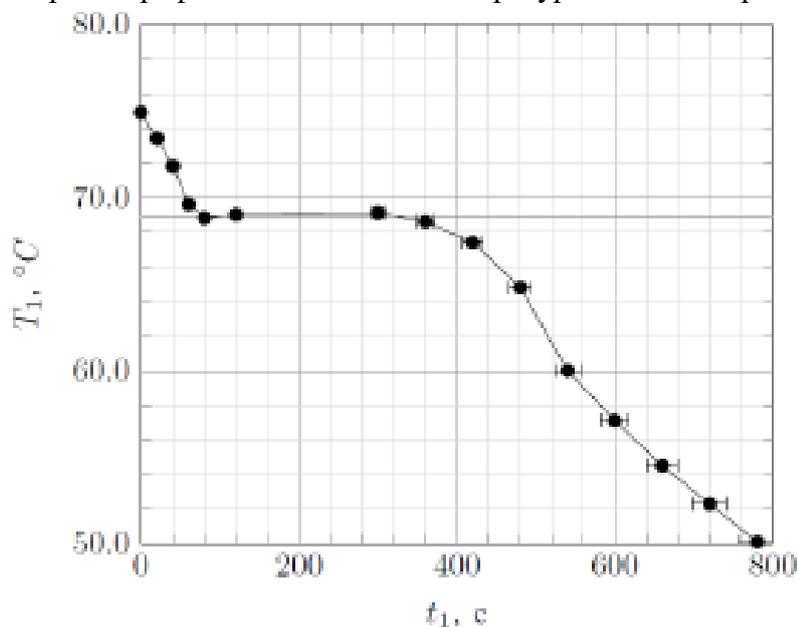
Экспериментатор Глюк исследовал образец неизвестного сплава. Для этого он поместил образец в сосуд и залил горячей водой, от чего образец расплавился. Глюк слил часть воды так, что горячая вода и образец занимали в сосуде примерно равные объёмы. Затем он измерил зависимость температуры сосуда с водой 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