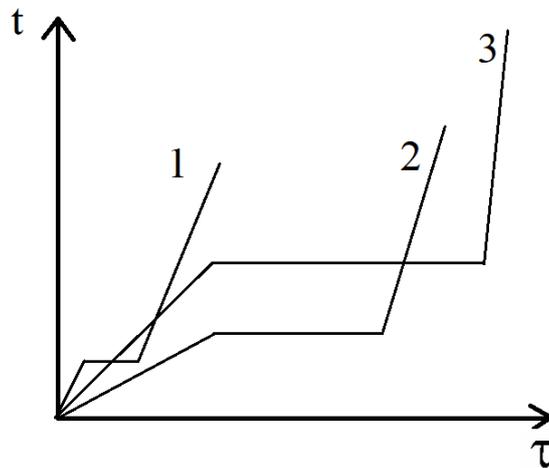


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ФИЗИКА. 2023–2024 уч. г.  
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

Максимальный балл за работу – 50.

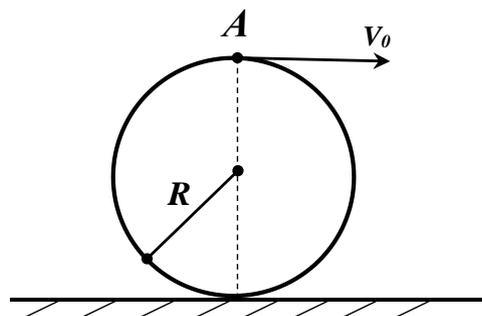
Тестовые задания

1. Экспериментатор Вася нашёл в лаборантской три одинаковых кипятильника и три одинаковых сосуда, наполненных различными жидкостями. По надписям на сосудах Вася понял, что массы жидкостей одинаковые, и захотел узнать, у какой из них максимальная удельная теплота парообразования. На рисунке приведён график зависимости температуры этих жидкостей  $t$  от времени  $\tau$  при их нагревании найденными кипятильниками, в процессе которого происходит парообразование. У какой жидкости максимальная удельная теплота парообразования?



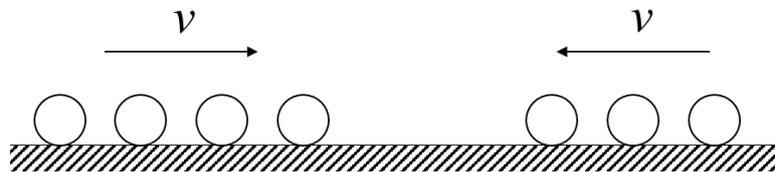
- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3

2. Колесо радиусом  $R$  катится с постоянной скоростью без проскальзывания по горизонтальной плоскости (см. рис.). В некоторый момент времени скорость верхней точки колеса  $A$  оказалась равна  $V_0$ . Чему равен в этот момент модуль полного ускорения точки  $A$ ?



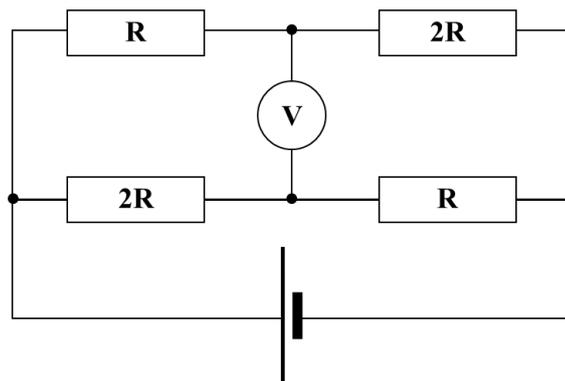
- 1)  $\frac{V_0^2}{R}$
- 2)  $\frac{V_0^2}{2R}$
- 3)  $\frac{V_0^2}{4R}$
- 4)  $\frac{2V_0^2}{R}$

3. Семь одинаковых шариков массой  $m$  каждый скользят по гладкой горизонтальной поверхности навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями  $v$  так, как показано на рисунке. Определите полное количество соударений, которое произойдёт в данной системе. Все удары считайте лобовыми и абсолютно упругими.



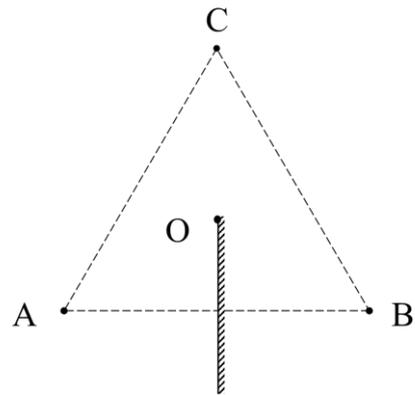
- 1) 9
- 2) 12
- 3) 15
- 4) 19

4. Определите показания идеального вольтметра, если напряжение на батарейке 1,5 В. Указанные на схеме параметры элементов электрической цепи считайте известными.



- 1) 0 В
- 2) 0,5 В
- 3) 1 В
- 4) 1,5 В

5. Точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  являются вершинами равностороннего треугольника. Плоское зеркало расположено так, что изображение точки  $A$  находится в точке  $B$ . На какой угол необходимо повернуть зеркало относительно оси  $O$ , проходящей через центр треугольника перпендикулярно плоскости рисунка, чтобы изображение точки  $A$  оказалось в точке  $C$ ?



- 1)  $30^\circ$
- 2)  $45^\circ$
- 3)  $60^\circ$
- 4)  $90^\circ$

**Ответы:**

№ задания	1	2	3	4	5
Ответ	3	3	2	2	3
Балл	2 балла	3 балла	3 балла	2 балла	2 балла

### Задания с кратким ответом

#### Задачи 6-7

Камень бросили вверх под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту с крыши дома с начальной скоростью  $v_0 = 15$  м/с. Он упал на землю через время  $t = 4$  с после момента броска. Ускорение свободного падения считать равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, сопротивлением воздуха можно пренебречь, дом стоит на горизонтальной площадке.

6. Найдите высоту дома. Ответ приведите в метрах, округлив до целого числа. (2 балла)

7. Найдите модуль средней скорости камня за всё время полёта. Ответ приведите в м/с, округлив до целого числа. (4 балла)

**Решение:**

6. Запишем перемещение камня в проекции на вертикальную ось:

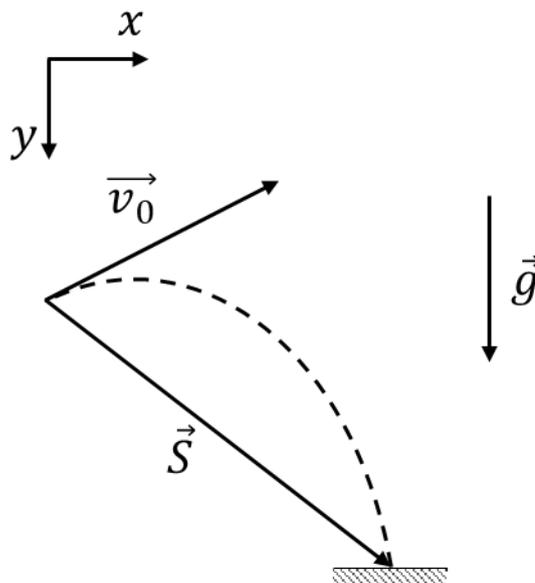
$$S_y = -v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2} = 50 \text{ м.}$$

7. Найдём проекцию перемещения камня по горизонтали:

$$S_x = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

Модуль перемещения найдём по теореме Пифагора:

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$



Модуль средней скорости за всё время полёта равен отношению модуля перемещения ко времени полёта:

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{t} \approx 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

**Ответ:**

<b>6</b>	<b>7</b>
50	18

**Максимум за задачу 6 баллов.**

**Задачи 8-9**

Актёр фаер-шоу вращает пой (огненный мешочек), привязанный к лёгкой нерастяжимой верёвке длиной  $l = 0,5$  м, в вертикальной плоскости с частотой  $n = 3 \text{ с}^{-1}$ . Ускорение свободного падения считайте равным  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Пой движется по окружности.

**8.** Верёвка оборвалась у самого мешочка в тот момент, когда его скорость была направлена вертикально вверх. На какую высоту над точкой отрыва от верёвки взлетел огонёк? Ответ дайте в метрах, округлите до десятых долей. (3 балла)

**9.** Чему был равен модуль силы натяжения верёвки непосредственно перед её обрывом, если масса мешочка составляет  $m = 0,2$  кг? Ответ дайте в ньютонах, округлив до целого числа. (3 балла)

**Решение:**

8. Скорость огненного мешочка при движении по окружности равна  $v = 2\pi ln$ .

Высота подъёма  $H = \frac{v^2}{2g} = \frac{2\pi^2 l^2 n^2}{g} \approx 4,4$  м.

9. Запишем второй закон Ньютона в проекции на нормаль к траектории:

$$T = ma_{\text{цс}} = m \frac{v^2}{l} \approx 35 \text{ Н.}$$

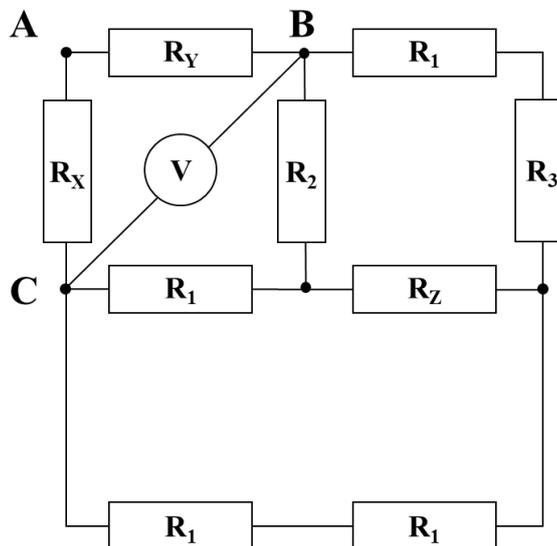
**Ответ:**

<b>8</b>	<b>9</b>
4,4	35

*Максимум за задачу 6 баллов.*

### Задачи 10-11

Электрическая цепь состоит из девяти резисторов и идеального вольтметра (см. рис.). Сопротивления трёх резисторов  $R_X$ ,  $R_Y$  и  $R_Z$  неизвестны, сопротивления остальных резисторов равны  $R_1 = 1$  кОм,  $R_2 = 2$  кОм и  $R_3 = 3$  кОм. При подключении к точкам  $A$  и  $B$  источника с постоянным напряжением  $U_0 = 10$  В вольтметр показывает  $U_1 = 4$  В, при подключении того же источника к точкам  $A$  и  $C$  показания вольтметра  $U_2 = 5$  В.

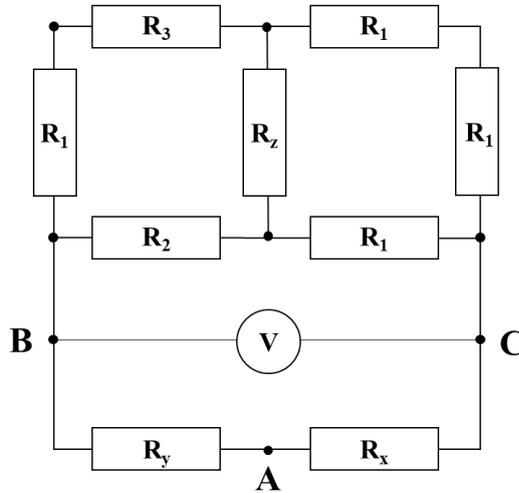


10. Определите сопротивление резистора  $R_X$  (ответ дайте в кОм и округлите до целого числа). (4 балла)

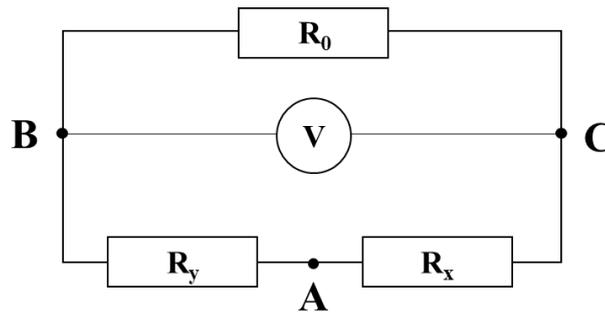
11. Определите сопротивление резистора  $R_Y$  (ответ дайте в кОм и округлите до целого числа). (4 балла)

**Решение:**

**10.** Схему цепи можно перерисовать следующим образом:



Верхняя часть новой цепи является сбалансированным мостиком. Обозначим его сопротивление через  $R_0$ . Величина  $R_0$  не зависит от  $R_z$  и равна 2 кОм. Поэтому схему можно упростить (см. рис).



При подключении источника к точкам  $A$  и  $B$  резисторы  $R_0$  и  $R_x$  соединены последовательно, значит, напряжение на  $R_x$  равно  $U_x = U_0 - U_1 = 6$  В. При этом  $\frac{R_x}{R_0} = \frac{U_x}{U_1}$ . Значит  $R_x = 3$  кОм.

**11.** При подключении источника к точкам  $A$  и  $C$  резисторы  $R_0$  и  $R_y$  соединены последовательно, значит, напряжение на  $R_y$  равно  $U_y = U_0 - U_2 = 5$  В. При этом  $\frac{R_y}{R_0} = \frac{U_y}{U_2}$ . Значит,  $R_y = 2$  кОм.

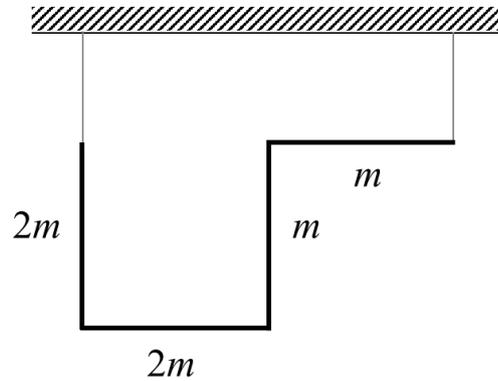
**Ответ:**

<b>10</b>	<b>11</b>
3	2

*Максимум за задачу 8 баллов.*

### Задачи 12-13

Из четырёх однородных стержней длиной  $l$  каждый сварили деталь и подвесили её на лёгких нитях одинаковой длины к потолку так, что в состоянии равновесия обе нити вертикальны (см. рис.). Два стержня имеют одинаковые массы  $m$ , а остальные два стержня – одинаковые массы  $2m$ .



**12.** Найдите отношение модулей сил натяжения левой и правой нитей. Ответ округлите до десятых долей. (4 балла)

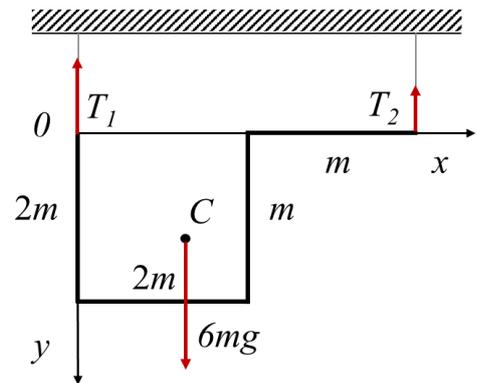
**13.** Правую нить пережигают и деталь приходит в новое положение равновесия. Найдите, на сколько градусов поворачивается деталь. Ответ выразите в градусах, округлите до целого числа. (5 баллов)

**Решение:**

**12.** Определим положение центра масс детали, выбрав систему координат так, как показано на рисунке:

$$x_{\text{цм}} = \frac{2m \cdot 0 + 2m \cdot \frac{l}{2} + m \cdot l + m \cdot 1,5l}{6m} = \frac{7}{12}l;$$

$$y_{\text{цм}} = \frac{2m \cdot \frac{l}{2} + 2m \cdot l + m \cdot \frac{l}{2} + m \cdot 0}{6m} = \frac{7}{12}l.$$

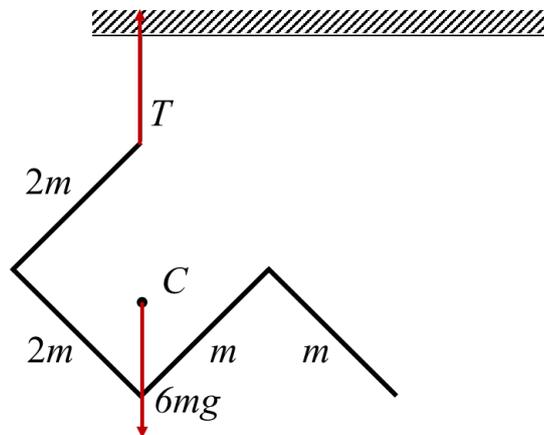


Запишем уравнение моментов относительно центра масс:

$$T_1 \cdot \frac{7}{12}l - T_2 \cdot \left(2l - \frac{7}{12}l\right) = 0$$

$$\text{Значит, } \frac{T_1}{T_2} = \frac{17}{7} \approx 2,4.$$

13. После пережигания правой нити деталь повернётся так, что при равновесии центр тяжести (совпадающий с центром масс) будет находиться под точкой подвеса.



Т.к. в изначальном положении  $x_{\text{цм}} = y_{\text{цм}}$ , угол поворота равен  $45^\circ$ .

Ответ:

<b>12</b>	<b>13</b>
2,4	45

**Максимум за задачу 9 баллов.**

### Задачи 14-15

В некотором механизме хорошо проводящий теплоту брусок, совершая колебательное движение, трётся о точно такой же неподвижный брусок. Детали, соединяющие эти бруски с остальными частями механизма, имеют пренебрежимо низкую теплопроводность и очень малую теплоёмкость. При совершении колебательного движения с частотой 10 Гц бруски нагрелись до установившейся температуры  $50^\circ\text{C}$ . Температура окружающей среды и ближайших деталей механизма всё время составляет  $20^\circ\text{C}$ .

14. До какой установившейся температуры нагреются бруски, если частота колебаний подвижного бруска повысится до 15 Гц? Ответ дайте в градусах Цельсия и округлите до целого числа. (4 балла)

15. До какой установившейся температуры нагреются бруски, если после повышения частоты колебаний подвижного бруска до 15 Гц амплитуда его колебаний увеличится в два раза? Ответ дайте в градусах Цельсия и округлите до целого числа. (5 баллов)

**Решение:**

**14.** Средняя мощность силы трения, возникающая между брусочками, равна мощности их теплопотерь в окружающую среду. Мощность теплопотерь в соответствии с законом Ньютона-Рихмана пропорциональна разности температур между брусочками и окружающей средой:

$$P = P_{\text{пот1}} = \alpha(T_1 - T_{\text{окр}}) \quad (1)$$

При увеличении частоты в полтора раза мощность увеличится в 1,5 раза, так как время одного колебания станет в 1,5 раза меньше:

$$1,5P = P_{\text{пот2}} = \alpha(T_2 - T_{\text{окр}}) \quad (2)$$

Поделив (2) на (1), получим  $T_2 = 65^\circ\text{C}$ .

**15.** При увеличении амплитуды в 2 раза средняя мощность силы трения увеличится в два раза (т.к. в 2 раза увеличится путь, который проходит один брусок относительно другого):

$$3P = P_{\text{пот3}} = \alpha(T_3 - T_{\text{окр}}) \quad (3)$$

Откуда  $T_3 = 110^\circ\text{C}$ .

**Ответ:**

<b>14</b>	<b>15</b>
65	110

*Максимум за задачу 9 баллов.*

**Максимальный балл за работу – 50.**