

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ФИЗИКЕ. 2021–2022 уч. г.  
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 класс

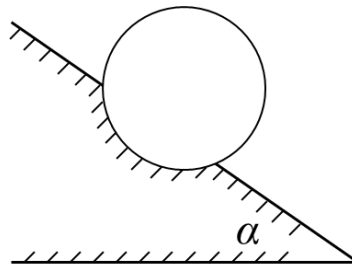
Критерии и ответы

Тестовые задания

1. Радиус окружности  $R$ , описываемой концом минутной стрелки, в 2 раза больше радиуса окружности  $r$ , описываемой концом часовой стрелки механических часов. Чему равно отношение модуля вектора средней скорости конца минутной стрелки к модулю вектора средней скорости конца часовой стрелки на интервале времени от 12:00 до 18:00 одних и тех же суток?

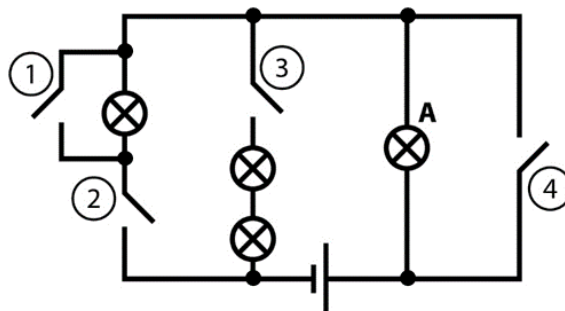
- 1) 60
- 2) 120
- 3) 0
- 4) 2

2. В доске высверлили небольшую ямку и вставили в неё шар (см. рисунок). Под каким минимальным углом  $\alpha$  к плоскости стола должна быть наклонена доска, чтобы шар выпал из ямки? Радиус шара в два раза превышает глубину ямки.



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

3. На рисунке показана схема электрической цепи. Какой ключ (или одновременно несколько ключей) нужно замкнуть, чтобы лампочка  $A$  светила наиболее ярко?



- 1) только 2
  - 2) только 3
  - 3) 1 и 2 одновременно
  - 4) 2 и 3 одновременно
  - 5) 2 и 4 одновременно
4. Точечный источник света расположен на расстоянии 1 метр от плоского зеркала. Не трогая источник, зеркало передвигают так, что расстояние между источником и зеркалом увеличивается в два раза, при этом плоскость зеркала остаётся параллельной своему первоначальному положению. Найдите расстояние между новым и первоначальным положениями изображения.
- 1) 50 см
  - 2) 1 м
  - 3) 2 м
  - 4) 3 м
5. В теплоизолированный сосуд, содержащий 400 г льда и 300 г воды, находящихся в состоянии теплового равновесия, положили алюминиевый шар массой 2 кг, разогретый до температуры 150 °С. Удельная теплоёмкость льда 2100 Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость алюминия 920 Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда 340 кДж/кг, удельная теплота парообразования воды при температуре кипения 2,3 МДж/кг. Что будет находиться в сосуде после установления теплового равновесия?
- 1) вода и алюминий
  - 2) вода, лёд и алюминий
  - 3) вода, водяной пар и алюминий
  - 4) водяной пар и алюминий

**Ответы:**

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

### Задания с кратким ответом

#### Задачи 6-7

Водитель едет на автомобиле по прямым заснеженным улицам города, поворачивая на нужных перекрёстках на  $90^\circ$ . При поворотах он всегда движется по дуге окружности радиусом 50 м, колёса автомобиля при совершении поворотов никогда не проскальзывают. Ускорение свободного падения  $10 \text{ м/с}^2$ , коэффициент трения колёс о покрытие заснеженной дороги 0,2.

6) На первом перекрёстке на светофоре горел зелёный свет, и водитель прошёл поворот, не изменяя модуль скорости автомобиля. Какое максимальное значение могла иметь эта скорость? Ответ приведите в м/с, округлив до целого числа. **(4 балла)**

7) На втором перекрёстке на светофоре горел красный свет, и водитель был вынужден остановить машину. Но как только зажётся зелёный сигнал, автомобиль начал разгоняться, равномерно увеличивая модуль скорости и одновременно совершая поворот. На какой максимальной скорости автомобиль может выйти из поворота? Ответ приведите в м/с, округлив до десятых долей. **(6 баллов)**

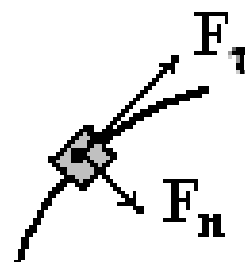
#### Решение:

6) Условие на граничные значения для проскальзывания автомобиля:

$$\mu mg = m \frac{v^2}{R}$$

Откуда:  $v = \sqrt{\mu g R} = 10,0 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$

7) Сила трения покоя  $F_{\text{тр}}$ , действующая на автомобиль, раскладывается на векторную сумму двух взаимно перпендикулярных составляющих: тангенциальная –  $F_{\tau}$  и нормальная –  $F_n$  (на рисунке изображён «вид сверху»). Тангенциальная составляющая силы трения остаётся постоянной в процессе разгона автомобиля (по условию):



$$F_{\tau} = ma_{\tau} = m \frac{v^2}{2\varphi R}, \quad (1), \text{ где } \varphi = \pi/2.$$

Нормальная составляющая силы трения увеличивается по мере разгона:

$$F_n = ma_n = m \frac{v^2}{R} \quad (2)$$

Максимальная сила трения покоя:  $F_{\text{max}} = \mu mg \quad (3)$

Теорема Пифагора для треугольника сил:  $F_{\text{max}}^2 = F_{\tau}^2 + F_n^2 \quad (4)$

Подставляя (1), (2), (3) в (4), получаем:

$$V_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2\varphi\mu g R}{\sqrt{1+4\varphi^2}}} \approx 9,8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right).$$

Ответ:	<b>6)</b>	<b>7)</b>
	10	[9,7 – 9,9]

*Максимум за задачу 10 баллов.*

### Задачи 8-9

Два шарика массами 200 г и 400 г движутся по гладкому столу перпендикулярно друг другу с одинаковыми по модулю скоростями 4 м/с. После частично упругого соударения лёгкий шар остановился, а тяжёлый продолжил движение.

8) Найдите скорость тяжёлого шара после удара. Ответ выразите в метрах в секунду, округлив до десятых долей. **(4 балла)**

9) Найдите отношение кинетической энергии, которую имел лёгкий шар до удара, к количеству теплоты, которая выделилась при соударении. Ответ округлите до целого числа. **(3 балла)**

**Решение:**

8) Запишем закон сохранения импульса при ударе в векторной форме:

$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_2$ , где  $\vec{p}_1$  и  $\vec{p}_2$  – импульсы шариков массой  $m$  и  $2m$ , соответственно, до удара, а  $\vec{p}'_2$  – импульс шарика  $2m$  после удара.

Из векторного треугольника по теореме Пифагора:  $(p'_2)^2 = (p_1)^2 + (p_2)^2$ . Пусть скорость шарика  $2m$  после столкновения равна  $u$ , тогда:

$$(2mu)^2 = (mv)^2 + (2mv)^2.$$

Тогда  $u^2 = \frac{5}{4}v^2 \Rightarrow u = \frac{\sqrt{5}}{2}v \approx 4,5$  м/с.

9) Модуль количества выделившейся теплоты  $Q$  равен разнице кинетических энергий до и после соударения:

$$Q = \frac{mv^2}{2} + \frac{2mv^2}{2} - \frac{2mu^2}{2} = \frac{mv^2}{4}$$

Энергия шара  $m$  до удара  $E_1 = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow Q$  в 2 раза меньше, чем  $E_1$

Ответ:	<b>8)</b>	<b>9)</b>
	4,5	2

*Максимум за задачу 7 баллов.*

### Задачи 10-12

Плоское зеркало движется относительно комнаты со скоростью 2 м/с в направлении, перпендикулярном плоскости зеркала. Источник света догоняет зеркало, двигаясь относительно комнаты со скоростью 3 м/с также перпендикулярно плоскости зеркала.

10) С какой скоростью движется изображение источника относительно комнаты? Ответ приведите в м/с, округлив до целого числа. (4 балла)

11) Верно ли, что скорости изображения и зеркала относительно комнаты совпадают по направлению? (2 балла)

12) При какой скорости источника относительно комнаты изображение было бы неподвижно относительно комнаты? Ответ приведите в м/с, округлив до целого числа. (4 балла)

#### Решение:

Направим координатную ось  $x$  перпендикулярно зеркалу. Так как зеркало всегда посередине между источником и изображением, для их координат можно записать:

$$(x_{\text{источник}} + x_{\text{изображение}})/2 = x_{\text{зеркало}}$$

Таким же соотношением будут связаны изменения координат, т.е. перемещения,

$$(\Delta x_{\text{источник}} + \Delta x_{\text{изображение}})/2 = \Delta x_{\text{зеркало}}$$

и скорости (точнее проекции скоростей на ось  $x$ ):

$$V_{\text{источник}} + V_{\text{изобраз}} = 2V_{\text{зеркало}}$$

Отсюда получаем, что скорость изображения равна  $w = 2u - v$ .

10) При  $u = 2$  м/с,  $v = 3$  м/с получим:  $w = 2u - v = 1$  м/с

11) Направления скоростей совпадают, если знаки их проекций одинаковы. Это так и есть.

12) Из условия  $2u - v = 0$  получаем  $v = 2u = 4$  м/с.

Ответ:	<b>10)</b>	<b>11)</b>	<b>12)</b>
	1	верно	4

**Максимум за задачу 10 баллов.**

### Задачи 13-14

В неидеальный калориметр помещают воду и лёд в равных по массе пропорциях при температуре  $0^\circ\text{C}$ . Затем калориметр накрывают, чтобы исключить испарение, и помещают его в тёплую комнату, температура воздуха в которой  $25^\circ\text{C}$ . Известно, что таяние льда полностью завершилось через 3 ч 20 мин после помещения калориметра в тёплую комнату. Можно считать, что количество теплоты, отдаваемое в единицу времени в окружающую среду, пропорционально **начальной** разности температур, если температура содержимого калориметра мало изменяется. Удельная теплоёмкость воды  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ , удельная теплота плавления льда  $330 \text{ кДж}/\text{кг}$ .

13) За какое время сразу после таяния льда температура в калориметре поднимется на  $1^\circ\text{C}$ ? Ответ приведите в минутах, округлив до десятых долей. **(4 балла)**

14) Сколько времени займёт нагревание содержимого калориметра от  $23^\circ\text{C}$  до  $24^\circ\text{C}$ ? Ответ приведите в минутах, округлив до десятых долей. **(6 баллов)**

#### Решение:

13) Мощность теплообмена между калориметром и окружающей средой пропорциональна разности температур  $t_{\text{в}} - t$ , где  $t$  – температура калориметра,  $t_{\text{в}}$  – температура воздуха. При плавлении льда  $t = t_0 = 0^\circ\text{C}$ :

$$\frac{m\lambda}{\tau} = A(t_{\text{в}} - t), \quad A = \frac{m\lambda}{\tau(t_{\text{в}} - t)},$$

где  $m$  – масса льда,  $A$  – коэффициент пропорциональности. При нагревании воды массой  $2m$  от  $0^\circ\text{C}$  до  $1^\circ\text{C}$  ( $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ ) мощность теплообмена остаётся такой же, как и при плавлении льда.

$$C\Delta t \cdot 2m = A(t_{\text{в}} - t_0)\Delta\tau_1 = m\lambda \frac{\Delta\tau_1}{\tau}$$

$$\Delta\tau_1 = \frac{C\Delta t \cdot 2\tau}{\lambda}.$$

$$\Delta\tau_1 = 5,09 \text{ мин} \approx 5,1 \text{ мин}.$$

14) Если нагревать воду в калориметре от  $t = 23^\circ\text{C}$  до  $24^\circ\text{C}$  ( $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ ), потребуется время  $\Delta\tau_2$ :

$$\Delta\tau_2 = \Delta\tau_1 \frac{(t_{\text{в}} - t_0)}{(t_{\text{в}} - t)}.$$

$$\Delta\tau_2 = 5,09 \text{ мин} \cdot \frac{25 - 0}{25 - 23} \approx 63,6 \text{ мин}.$$

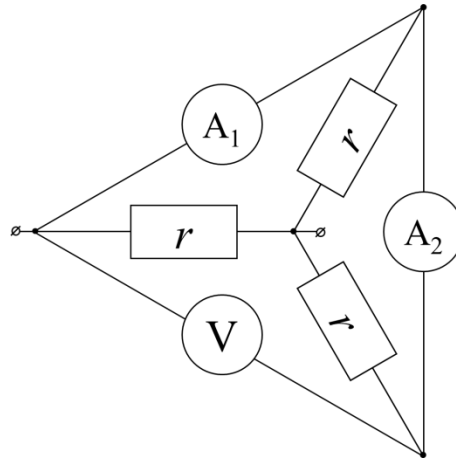
Ответ:

<b>13)</b>	<b>14)</b>
5,1	63,6

**Максимум за задачу 10 баллов.**

### Задачи 15-17

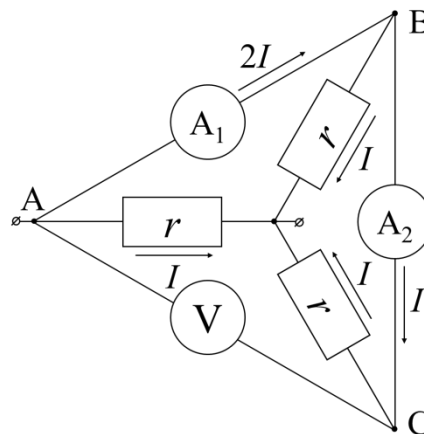
В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, амперметр  $A_1$  показывает силу тока 1 А. Идеальный источник питания подключён к клеммам. Сопротивление каждого из резисторов равно  $r = 3$  Ом. Амперметры и вольтметр можно считать идеальными.



- 15) Определите показания амперметра  $A_2$ . Ответ выразите в амперах, округлив до десятых долей. **(4 балла)**  
 16) Определите показания вольтметра. Ответ выразите в вольтах, округлив до целого числа. **(2 балла)**  
 17) Определите напряжение источника питания. Ответ выразите в вольтах, округлив до десятых долей. **(2 балла)**

#### Решение:

15) Учитывая, что ток через идеальный вольтметр не течёт, а сопротивление идеального амперметра пренебрежимо мало, потенциалы точек А, В и С равны. Значит, данное соединение резисторов аналогично параллельному соединению. Так как резисторы обладают одинаковым сопротивлением, токи через них одинаковы, обозначим их за  $I$ .



Расставим токи в цепи: так как через вольтметр ток не течёт, через амперметр  $A_2$  течёт ток  $I$ . Тогда через амперметр  $A_1$  течёт ток  $2I = 1$  А. Значит,  $I = 0,5$  А.

16) Так как потенциалы точек А, В и С равны, напряжение на вольтметре  $U_V = 0$  В.

17) Напряжение источника равно  $U_0 = Ir = 1,5$  В.

Ответ:

<b>15)</b>	<b>16)</b>	<b>17)</b>
0,5	0	1,5

*Максимум за задачу 8 баллов.*

**Всего за работу – 55 баллов.**