

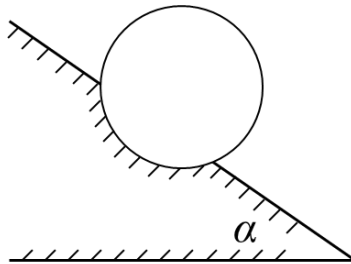
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2021–2022 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 класс

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?

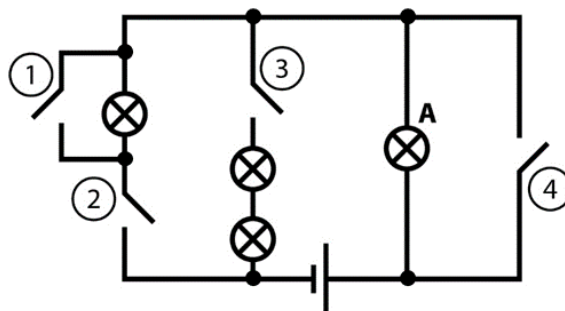
- 1) 60
- 2) 120
- 3) 0
- 4) 2

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



- 1) 30°
- 2) 45°
- 3) 60°
- 4) 90°

3. На рисунке показана схема электрической цепи. Какой ключ (или одновременно несколько ключей) нужно замкнуть, чтобы лампочка A светилась 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° . При поворотах он всегда движется по дуге окружности радиусом 50 м, колёса автомобиля при совершении поворотов никогда не проскальзывают. Ускорение свободного падения 10 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)**

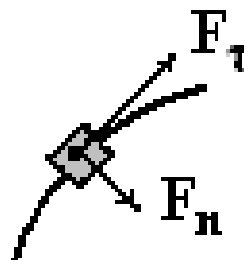
Решение:

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_{τ} 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:

6)	7)
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:

8)	9)
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:

10)	11)	12)
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°C . Затем калориметр накрывают, чтобы исключить испарение, и помещают его в тёплую комнату, температура воздуха в которой 25°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°C ? Ответ приведите в минутах, округлив до десятых долей. **(4 балла)**

14) Сколько времени займёт нагревание содержимого калориметра от 23°C до 24°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°C до 1°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°C ($\Delta t = 1^\circ\text{C}$), потребуется время $\Delta\tau_2$:

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

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

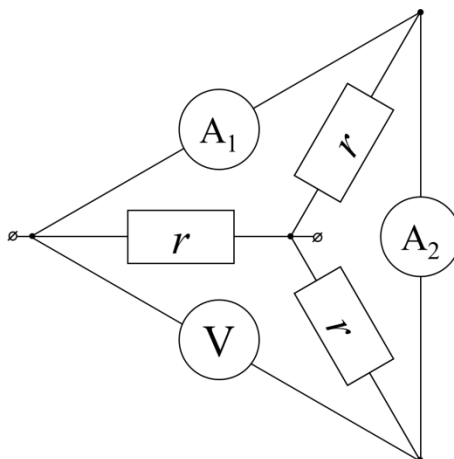
Ответ:

13)	14)
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 $r = 3 \text{ Ом}$. Амперметры и вольтметр можно считать идеальными.



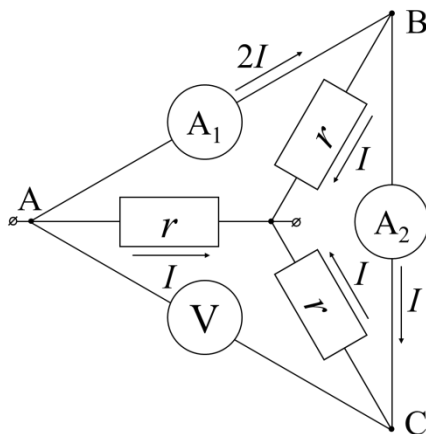
15) Определите показания амперметра A_2 . Ответ выразите в амперах, округлив до десятых долей. **(4 балла)**

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:	15)	16)	17)
	0,5	0	1,5

Максимум за задачу 8 баллов.

Всего за работу – 55 баллов.