

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА 2022–2023 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

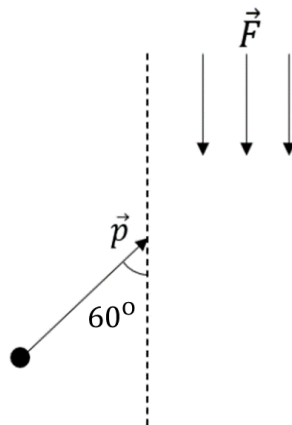
Максимальная оценка за работу – 60 баллов.

1) Маленький очень прочный шарик долго падает в атмосфере Земли с очень большой высоты, двигаясь с постоянной скоростью. Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости его движения. В результате удара о поверхность Земли шарик потерял 80 % своей кинетической энергии, отскочив вертикально вверх и практически сохранив свою форму. Во сколько раз модуль ускорения шарика сразу после отскока больше модуля ускорения свободного падения g ?

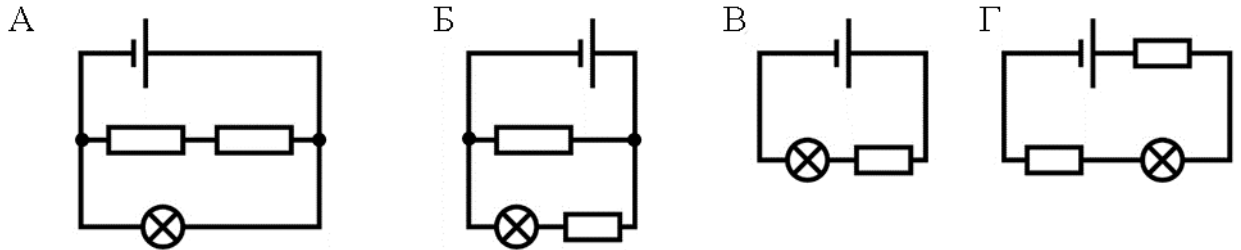
- 1) 4
- 2) 1,8
- 3) 5
- 4) 1,2

2) Частица, обладающая импульсом $p = 2$ кг·м/с, влетает в область действия постоянной силы $F = 0,2$ Н под углом 60° к направлению этой силы (см. рисунок). Через какое время после начала взаимодействия импульс частицы будет направлен перпендикулярно указанной силе?

- 1) 5 с
- 2) 3 с
- 3) 10 с
- 4) 8 с



- 3) На рисунке показаны схемы четырёх электрических цепей. В какой из них в лампочке будет выделяться наибольшая мощность? Источники напряжения во всех цепях идеальные и одинаковые, резисторы и лампочки также одинаковые.



- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

- 4) Точечный источник света расположен на расстоянии 1 метр от плоского зеркала. Не трогая источник, зеркало передвигают так, что расстояние между источником и зеркалом уменьшается в два раза, при этом плоскость зеркала остаётся параллельной своему первоначальному положению. Найдите расстояние между новым и первоначальным положениями изображения.

- 1) 25 см
- 2) 50 см
- 3) 1 м
- 4) 2 м

- 5) В калориметре находится вода массой 500 г при температуре 5 °С. К ней долили ещё 200 г воды с температурой 15 °С и положили 200 г льда с температурой –50 °С. Удельная теплоёмкость льда 2100 Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда 340 кДж/кг. Как в результате установления теплового равновесия изменится масса льда в калориметре?

- 1) уменьшится
- 2) увеличится
- 3) останется неизменной

Ответы:

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

Задания с кратким ответом

Задачи 6-7

Велосипедист разгоняется вдоль прямой с постоянным ускорением. Некоторый участок пути длиной 50 м он преодолевает со средней скоростью 7 м/с, увеличив на нём скорость на 6 м/с.

- 6) Определите мгновенную скорость велосипедиста в середине этого участка пути. Ответ приведите в м/с, округлив до десятых долей. (5 баллов).
- 7) Определите время, за которое велосипедист преодолел вторую половину этого участка пути. Ответ приведите в секундах, округлив до десятых долей. (5 баллов).

Решение:

6) При равноускоренном прямолинейном движении скорость линейно зависит от времени, поэтому скорости в начале и в конце участка пути определяются соответственно, как:

$$v_1 = v_{\text{cp}} - \frac{\Delta v}{2} = 4 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right). \quad (1)$$

$$v_2 = v_{\text{cp}} + \frac{\Delta v}{2} = 10 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right). \quad (2)$$

С другой стороны:

$$\frac{s}{2} = \frac{v^2 - v_1^2}{2a} = \frac{v_2^2 - v^2}{2a}. \quad (3)$$

Из (3) с учётом (1) и (2) выражаем скорость v на середине пути:

$$v = \sqrt{v_{\text{cp}}^2 + \frac{\Delta v^2}{4}} \approx 7,6 \text{ (м/с)}.$$

7) Для нахождения времени движения на втором участке пути:

$$\frac{s}{2} = \frac{v+v_2}{2} t. \quad (4)$$

Откуда:

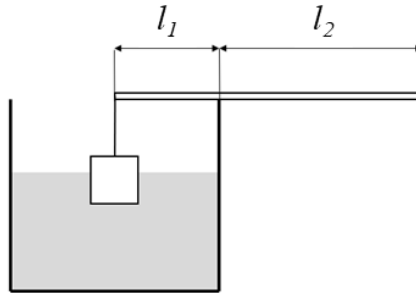
$$t = \frac{s}{v+v_2} = \frac{s}{\sqrt{v_{\text{cp}}^2 + \frac{\Delta v^2}{4}} + v_{\text{cp}} + \frac{\Delta v}{2}} \approx 2,8 \text{ (с)}. \quad (5)$$

Ответ:	6)	7)
	7,6	2,8

Максимум за задачу 10 баллов.

Задачи 8-9

С помощью невесомой нити к концу прямого однородного стержня массой 44 г подвесили однородный алюминиевый кубик со стороной 2 см. Стержень положили на край аквариума с водой таким образом, чтобы в состоянии равновесия кубик был погружён в воду ровно наполовину (см. рисунок). Плотность воды 1 г/см^3 , плотность алюминия $2,7 \text{ г/см}^3$, ускорение свободного падения равно 10 м/с^2 .



- 8) Определите в каком отношении l_2/l_1 край сосуда делит стержень. Ответ округлите до десятых долей. **(5 баллов)**
- 9) Определите модуль силы, с которой стержень действует на стенку аквариума. Ответ выразите в мН, округлив до целого числа. **(5 баллов)**

Решение:

8) Центр палочки находится на расстоянии $\frac{l_1+l_2}{2}$ от её концов и на расстоянии $\frac{l_2-l_1}{2}$ от края аквариума.

Запишем уравнение моментов относительно края аквариума:

$$(F_K - F_A)l_1 = Mg \frac{l_2-l_1}{2},$$

где $F_K = m_K g = \rho_{\text{ал}} g V$ – сила тяжести кубика, а $F_A = \rho_{\text{в}} g V / 2$ – сила Архимеда, причем $V = a^3$ – объём кубика.

$$(\rho_{\text{ал}} g V - \rho_{\text{в}} g V / 2) l_1 = Mg \frac{l_2 - l_1}{2}$$

Искомое соотношение равно:

$$\frac{l_2}{l_1} = 1 + \frac{2V(\rho_{\text{ал}} - \frac{\rho_{\text{в}}}{2})}{M} = 1,8.$$

9) Из второго закона Ньютона для системы стержень-груз:

$$N = Mg + mg - F_A = 616 \text{ мН.}$$

По третьему закону Ньютона сила реакции, действующая со стороны аквариума на стержень, равна силе, с которой стержень действует на стенку аквариума $F = 616 \text{ мН}$.

Ответ:

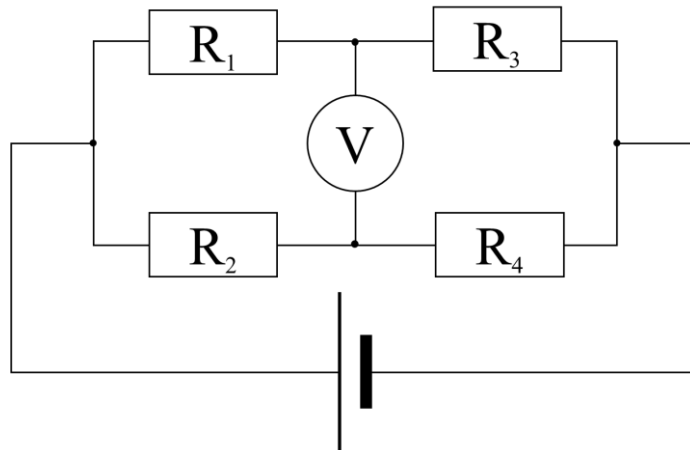
8)	9)
1,8	616

Максимум за задачу 10 баллов.

Задачи 10-11

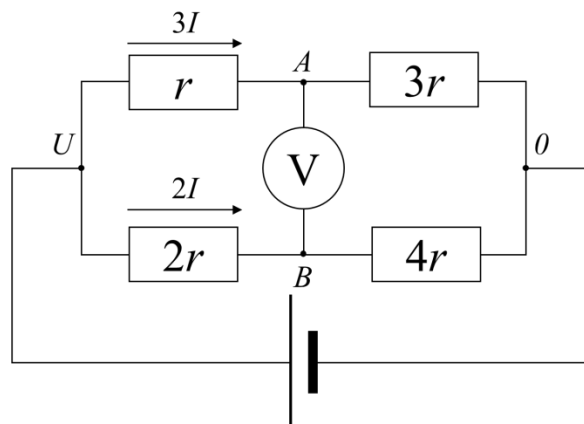
В цепи, схема которой изображена на рисунке, напряжение идеальной батарейки $U = 6$ В, сопротивления равны $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, $R_4 = 4$ Ом.

- 10) Определите показания идеального вольтметра. Ответ выразите в вольтах, округлив до десятых долей. (4 балла)
- 11) Идеальный вольтметр заменили на идеальный амперметр. Найдите его показания. Ответ выразите в амперах, округлив до сотых долей. (6 баллов)

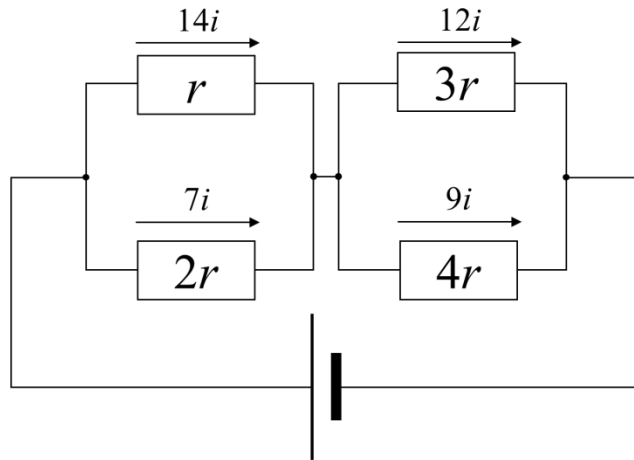


Решение:

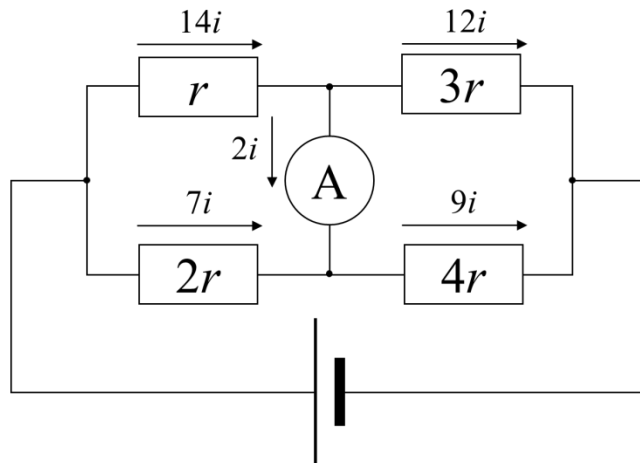
10) Обозначим R_1 за r , тогда $R_2 = 2r$, $R_3 = 3r$, $R_4 = 4r$. Так как вольтметр идеальный, ток через него не идёт. Сопротивление верхней ветки цепи $4r$, а нижней $6r$. Значит, если по верхней ветке течёт ток $3I$, то по нижней $2I$. Тогда напряжение батарейки $U = 3I(R_1 + R_3) = 12Ir$. Примем потенциал правой клеммы батарейки за 0, тогда потенциал точки A $\varphi_A = 3IR_3 = 9Ir$, а потенциал точки B $\varphi_B = 2IR_4 = 8Ir$. Значит, напряжение на вольтметре $U_v = \varphi_A - \varphi_B = Ir = U/12 = 0,5$ В.



11) Идеальный амперметр обладает пренебрежимо малым сопротивлением. Перестроим схему и расставим в ней токи.



В первой паре параллельно соединённых резисторов r и $2r$ токи относятся обратно пропорционально сопротивлениям, то есть $2:1$. Аналогично во второй паре параллельно соединённых резисторов $3r$ и $4r$ токи относятся как $4:3$. Тогда если общий ток в цепи $21i$, ток через амперметр будет равен $2i$ (см. рисунок).



Напряжение батарейки $U = 7i \cdot 2r + 9i \cdot 4r = 50 ir$, тогда $I_A = 2i = U/(25r) = 0,24 \text{ A}$.

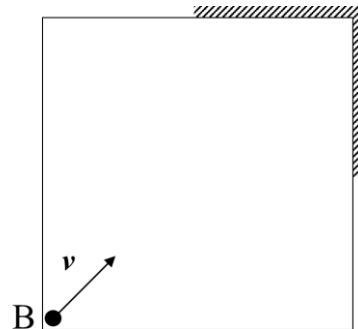
Ответ:

10)	11)
0,5	0,24

Максимум за задачу 10 баллов.

Задачи 12-15

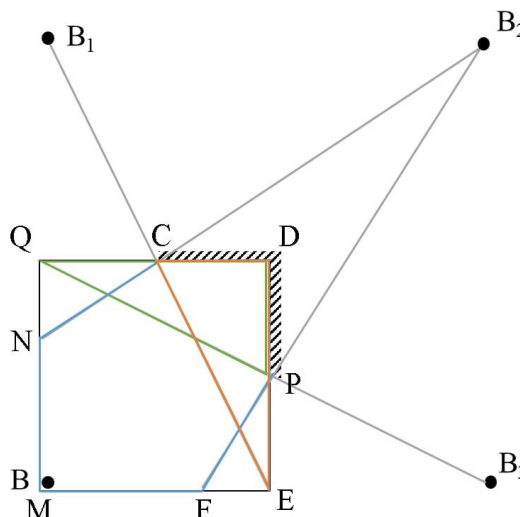
Василиса Прекрасная стоит в углу квадратной комнаты со стороной 5 метров и внимательно рассматривает отражения своего лица в плоских зеркалах, покрывающих от пола до потолка половину каждой из двух соседних стен комнаты (см. рисунок, вид сверху). Размер лица девушки намного меньше стороны комнаты.



- 12) Сколько существует различных изображений лица Василисы в зеркалах? В качестве ответа приведите целое число. **(2 балла)**
- 13) Сколько изображений своего лица видит в зеркалах Василиса? В качестве ответа приведите целое число. **(3 балла)**
- 14) Девушка начала двигаться вдоль диагонали комнаты, идя в её противоположный угол со скоростью 0,5 м/с. С какой скоростью приближаются друг к другу те два изображения, которые расположены ближе всего к Василисе? Ответ выразите в м/с, округлив до целого числа. **(2 балла)**
- 15) Через какое время после начала движения Василиса увидит все свои изображения? Ответ выразите в секундах, округлив до целого числа. **(3 балла)**

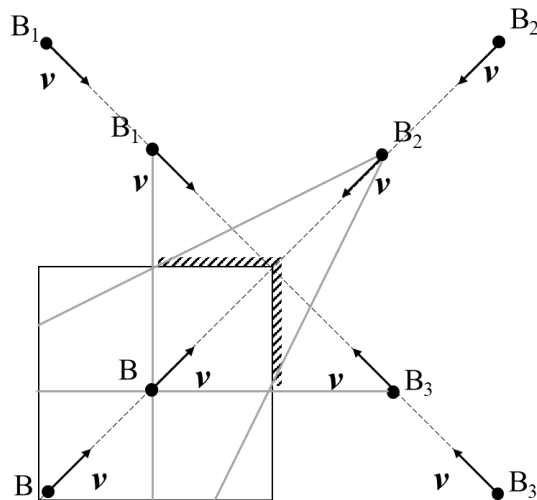
Решение:

12) Всего существуют 3 различных изображения лица Василисы: B_1 , B_2 и B_3 .



13) Определим области, из которых в комнате видно каждое из изображений. Область комнаты, из которой можно увидеть изображение B_1 , на рисунке ограничена треугольником CDE . Область, из которой можно увидеть изображение B_2 , на рисунке ограничена шестиугольником $CDPFMN$. Область, из которой можно увидеть изображение B_3 , на рисунке ограничена треугольником DPQ . Таким образом Василиса видит только одно своё изображение B_2 .

14) Когда Василиса начнёт двигаться вдоль диагонали комнаты, её изображения также начнут двигаться с теми же по модулю скоростями $v = 0,5$ м/с (см. рисунок). Тогда скорость сближения изображений B_1 и B_3 равна $2v = 1$ м/с.



15) Василиса увидит все три изображения тогда, когда она окажется в центре комнаты. Это произойдёт через время $t = \frac{a\sqrt{2}}{2v} \approx 7$ с.

Ответ:

12)	13)	14)	15)
3	1	1	7

Максимум за задачу 10 баллов.

Задачи 16-17

В теплоизолированном сосуде смешивают кипящую воду и лёд из холодильника в объёмном соотношении 3 : 4. В результате весь лёд тает и в сосуде устанавливается равновесие при температуре 0°C . Тепловыми потерями и теплоёмкостью сосуда можно пренебречь. Удельная теплоёмкость льда 2100 Дж/(кг·°C), удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·°C), удельная теплота плавления льда 340 кДж/кг, плотность воды 1000 кг/м³, плотность льда 900 кг/м³.

- 16) При какой температуре лёд находился в холодильнике? Ответ дайте в градусах Цельсия (с учётом знака), округлив до целого числа. (5 баллов)
- 17) Какая температура установится в сосуде, если взять обратное объёмное соотношение воды и льда (то есть 4 : 3)? Ответ выразите в градусах Цельсия (с учётом знака), округлив до целого числа. (5 баллов)

Решение:

16) Составим уравнение теплового баланса для первого соотношения объёмов:

$$3\rho_{\text{в}}Vc_{\text{в}}(t_{\text{к}} - t_{\text{п}}) = 4\rho_{\text{л}}V\{c_{\text{л}}(t_{\text{п}} - t_{\text{х}}) + \lambda\},$$

где $t_{\text{к}} = 100^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{п}} = 0^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{х}}$ – температура в холодильнике.

Решая данное уравнение, получаем:

$$t_{\text{х}} = t_{\text{п}} - \frac{1}{c_{\text{л}}} \left\{ \frac{3\rho_{\text{в}}c_{\text{в}}(t_{\text{к}} - t_{\text{п}})}{4\rho_{\text{л}}} - \lambda \right\}.$$

Подставляя числовые значения, получаем ответ: $t_{\text{х}} = -4,76^{\circ}\text{C}$, округление до целого числа даёт ответ $t_{\text{х}} = -5^{\circ}\text{C}$.

17) Очевидно, что, если горячей воды взять больше, то в калориметре после смешивания окажется вода. Составим уравнение теплового баланса с учётом изменения объёмных долей льда и воды:

$$4\rho_{\text{в}}Vc_{\text{в}}(t_{\text{к}} - t) = 3\rho_{\text{л}}V\{c_{\text{л}}(t_{\text{п}} - t_{\text{х}}) + \lambda + c_{\text{в}}(t - t_{\text{п}})\}.$$

Выражаем t :

$$t = \frac{4\rho_{\text{в}}c_{\text{в}}t_{\text{к}} - 3\rho_{\text{л}}\{c_{\text{л}}(t_{\text{п}} - t_{\text{х}}) + \lambda - c_{\text{в}}t_{\text{п}}\}}{(4\rho_{\text{в}} + 3\rho_{\text{л}})c_{\text{в}}}$$

$t \approx 26^{\circ}\text{C}$.

Ответ:

16)	17)
-5	26

Максимум за задачу 10 баллов.

Максимальная оценка за работу – 60 баллов.