

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

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

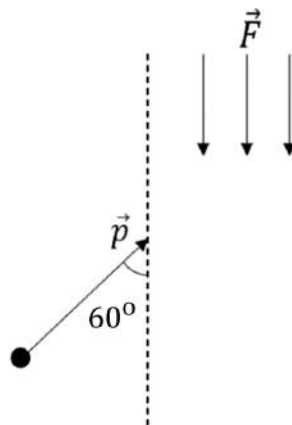
Максимальная оценка за работу – 60 баллов.

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  $g$ ?

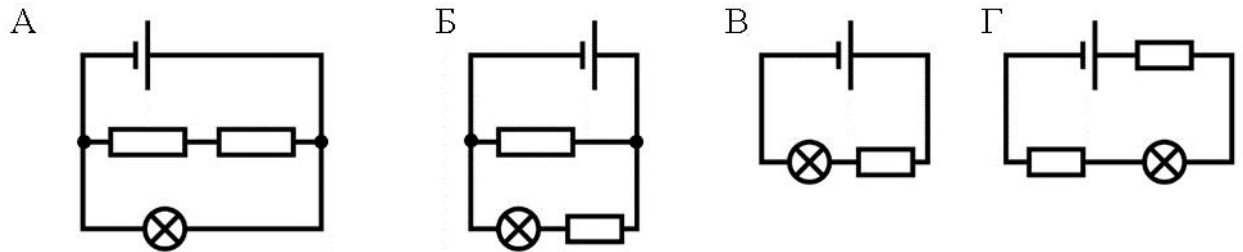
- 1) 4
- 2) 1,8
- 3) 5
- 4) 1,2

2) Частица, обладающая импульсом  $p = 2$  кг·м/с, влетает в область действия постоянной силы  $F = 0,2$  Н под углом  $60^\circ$  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:

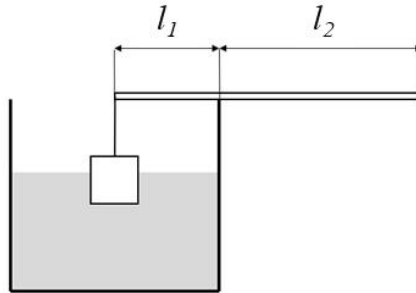
$$t = \frac{s}{v+v_2} = \frac{s}{\sqrt{v_{\text{cp}}^2 + \frac{\Delta v^2}{4}} + v_{\text{cp}} + \frac{\Delta v}{2}} \approx 2,8 \text{ (с)}. \quad (5)$$

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  $1 \text{ г/см}^3$ , плотность алюминия  $2,7 \text{ г/см}^3$ , ускорение свободного падения равно  $10 \text{ м/с}^2$ .



- 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:

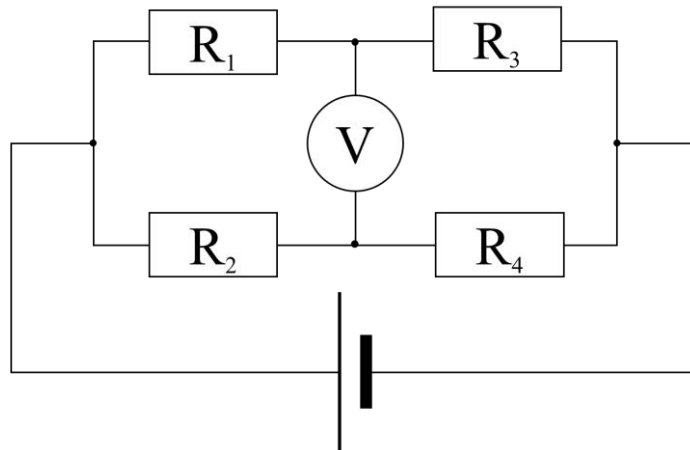
<b>8)</b>	<b>9)</b>
1,8	616

**Максимум за задачу 10 баллов.**

### Задачи 10-11

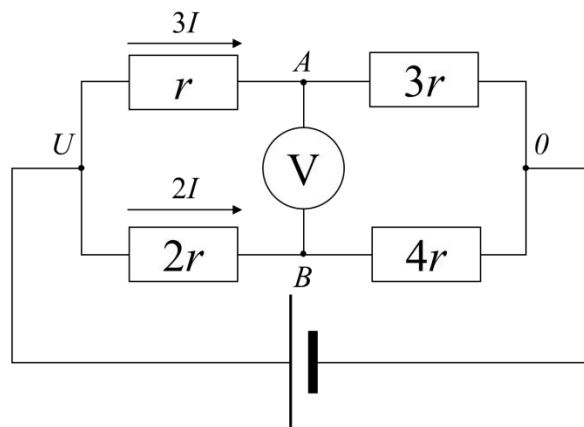
В цепи, схема которой изображена на рисунке, напряжение идеальной батарейки  $U = 6$  В, сопротивления равны  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 3$  Ом,  $R_4 = 4$  Ом.

- 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)

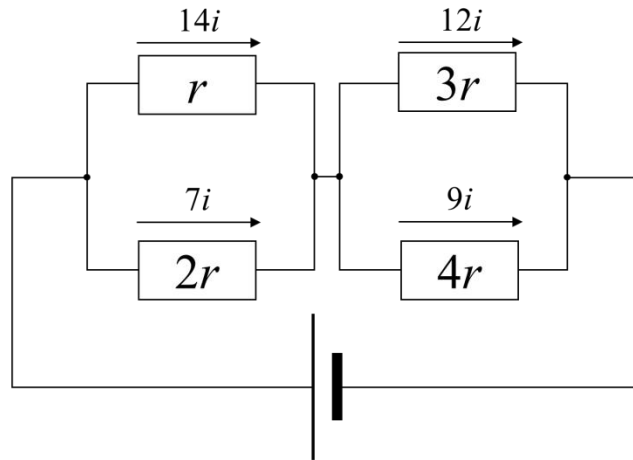


#### Решение:

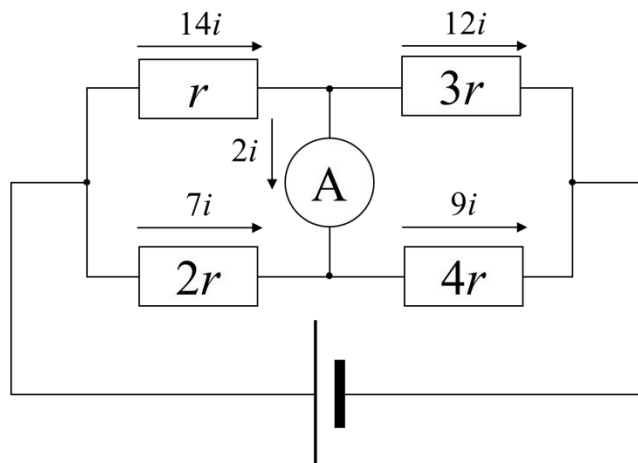
10) Обозначим  $R_1$  за  $r$ , тогда  $R_2 = 2r$ ,  $R_3 = 3r$ ,  $R_4 = 4r$ . Так как вольтметр идеальный, ток через него не идёт. Сопротивление верхней ветки цепи  $4r$ , а нижней  $6r$ . Значит, если по верхней ветке течёт ток  $3I$ , то по нижней  $2I$ . Тогда напряжение батарейки  $U = 3I(R_1 + R_3) = 12Ir$ . Примем потенциал правой клеммы батарейки за 0, тогда потенциал точки А  $\varphi_A = 3IR_3 = 9Ir$ , а потенциал точки В  $\varphi_B = 2IR_4 = 8Ir$ . 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  $I_A = 2i = U/(25r) = 0,24 \text{ A}$ .

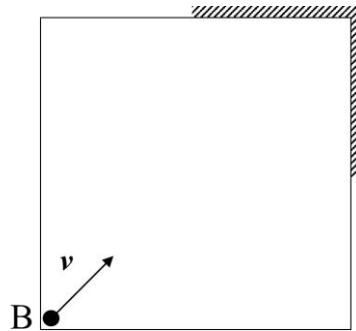
Ответ:

10)	11)
0,5	0,24

**Максимум за задачу 10 баллов.**

### Задачи 12-15

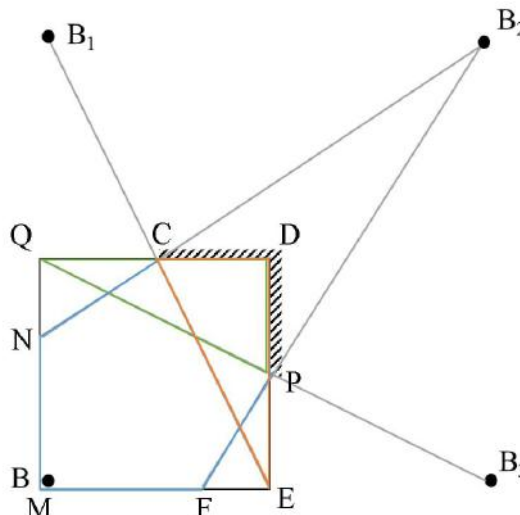
Василиса Прекрасная стоит в углу квадратной комнаты со стороной 5 метров и внимательно рассматривает отражения своего лица в плоских зеркалах, покрывающих от пола до потолка половину каждой из двух соседних вертикальных стен комнаты (см. рисунок, вид сверху). Размер лица девушки намного меньше стороны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

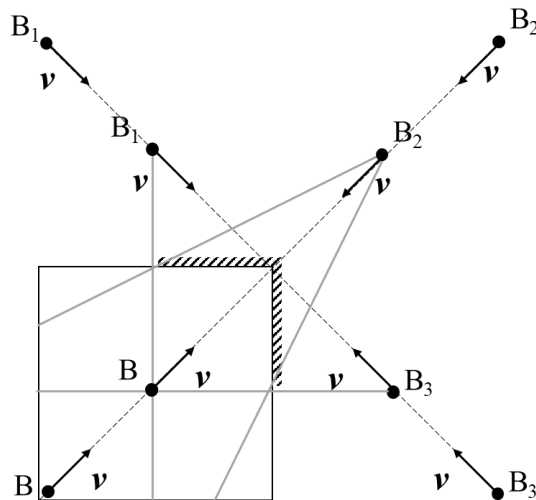
**Решение:**

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  $0^\circ\text{C}$ . 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/м<sup>3</sup>, плотность льда  $900$  кг/м<sup>3</sup>.



- 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:

<b>16)</b>	<b>17)</b>
-5	26

*Максимум за задачу 10 баллов.*

**Максимальная оценка за работу – 60 баллов.**