

Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

9 класс, 2023/2024 учебный год
Длительность 3 часа 50 минут
Максимум 50 баллов.



Задача № 1. Вертикальные броски

Ёжик и Крош решили заняться экспериментами по физике. Крош забрался на большую высоту и стал вертикально вверх бросать яблоки, а Ёжик делал измерения. Ёжик определил, что за 2 секунды с момента броска некоторые яблоки проходят путь, равный 10,4 м. С какой начальной скоростью бросает эти яблоки Крош? Размерами яблок и сопротивлением воздуха можно пренебречь. Ускорение свободного падения 10 м/с^2 .

Возможное решение:

Обозначим начальную скорость мячика v_0 .

В задаче могут быть разные варианты развития событий, и нужно рассмотреть их все. Начнем со случая, когда в течение указанного времени яблоко движется только вверх (не меняет направление своего движения). Тогда перемещение яблока тоже равно 10,4 м, так что можно найти начальную скорость:

$$S = v_0 t - \frac{gt^2}{2}, \Rightarrow v_0 = \frac{S}{t} + \frac{gt}{2} = \frac{10,4}{2} + \frac{10 \cdot 2}{2} = 15,2 \text{ м/с.}$$

Но необходимо проверить, какой будет конечная скорость:

$$v_k = v_0 - gt = 15,2 - 10 \cdot 2 = -4,8 \text{ м/с.}$$

Получили противоречие, ведь мы предполагали, что направление движения не изменится. Так что такой вариант не реализуется.

Значит, реализуется другой вариант – яблоко сначала подлетает вверх на некоторую высоту h , а затем пролетает вниз расстояние $(S - h)$.

Время подъема: $t_{\text{под}} = v/g$, тогда $h = v^2/(2g)$. Тогда:

$$S - h = \frac{g(t - t_{\text{под}})^2}{2}, \Rightarrow S - \frac{v^2}{2g} = \frac{g}{2} \left(t^2 - \frac{2vt}{g} + \frac{v^2}{g^2} \right),$$

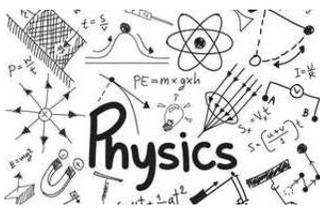
приходим к квадратному уравнению:

$$\frac{v^2}{g} - vt + \frac{gt^2}{2} - S = 0, \Rightarrow v = \frac{g}{2} \left(t \pm \sqrt{\frac{4S}{g} - t^2} \right).$$

Получаем два положительных ответа 12 м/с и 8 м/с. Оба имеют физический смысл, поэтому в задаче два возможных ответа.

Критерии оценивания:

- 1) Участник рассматривает случай движения в одном направлении – **2 балла**.
- 2) В результате анализа получено противоречие, и указано, что случай не реализуется – **2 балла**.

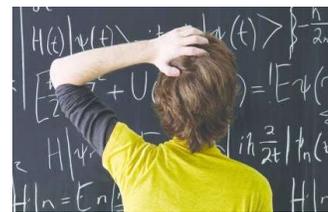


Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

9 класс, 2023/2024 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



3) Анализируется случай, когда яблоко поднимается на некоторую высоту, а затем летит вниз, получено правильное уравнение для нахождения начальной скорости – **4 балла** (**2 балла** формулы для времени подъема, высоты подъема, и **2 балла** за формулу для начальной скорости).

4) Найдены оба значения начальной скорости – **2 балла** (по **1 баллу** за каждое).

Примечание: В п. 3 участники могут пойти другим путем, рассматривая вместо времени подъема время подъема и возврата на исходную высоту. Такое решение тоже верное и должно оцениваться соответственно.

Если одно из решений квадратного уравнения было по какой-то причине потеряно или отброшено, то участник не может получить за задачу максимальное количество баллов.

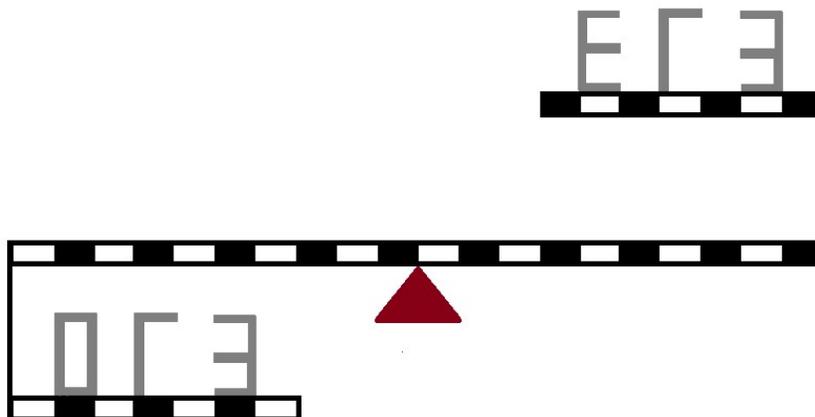
Итого максимум 10 баллов за задачу.

Задача № 2. ОГЭ-ЕГЭ

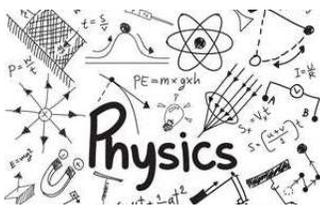
На невесомом рычаге расположено 6 фигур, собранных из 3 (фигура «Г»), 5 (фигуры «Е» и «Э») и 6 (фигура «О») одинаковых стержней (см. рисунок). Масса каждого стержня 30 грамм. В начале эксперимента рычаг удерживают горизонтально.

1) Рычаг отпустили. Какая сторона рычага перевесит? Ответ обосновать.

2) На расстоянии 3 деления от точки опоры подвесили грузик так, что система пришла в равновесие. Чему равна масса грузика?

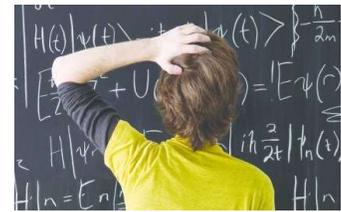


Возможное решение:



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

9 класс, 2023/2024 учебный год
Длительность 3 часа 50 минут
Максимум 50 баллов.



Пусть масса одного стержня равна m , а длина – L . Сравним моменты сил, действующих справа и слева от точки опоры. Учтем, что момент силы – это произведение силы на плечо, где плечо – это кратчайшее расстояние от линии действия силы до рассматриваемой точки. Поэтому то, что фигуры расположены на нижней и верхней «ступеньках» не имеет значения (**2 балла** за это утверждение или его использование при решении задачи).

Сумма моментов сил слева:

$$M_1 = 2mg \cdot 9L + 2mg \cdot 8,5L + 2mg \cdot 8L + 2mg \cdot 7L + mg \cdot 6,5L + 3mg \cdot 4,5L + 2mg \cdot 4L = 93mgL.$$

Сумма моментов сил справа:

$$M_2 = 2mg \cdot 4L + 3mg \cdot 4,5L + 2mg \cdot 6L + mg \cdot 6,5L + 3mg \cdot 8,5L + 2mg \cdot 9L = 83,5mgL.$$

Так как $M_1 > M_2$, то при отпускании рычага перевесит левая часть рычага (**1 балл** за ответ + **2 балла** за обоснование (см. выше). Участник мог не находить моменты всех сил, а мог сначала исключить симметричные стержни, уравновешивающие друг друга, и найти моменты только оставшихся стержней).

Теперь ответим на второй вопрос. Ясно, что груз нужно подвесить справа от опоры (**1 балл**). Его масса m_0 должна быть такой, чтобы создаваемый момент сил привел систему в равновесие. Следовательно $M_1 = M_2 + m_0g \cdot 3L$ (**2 балла**), тогда

$$m_0 = \frac{M_1 - M_2}{3gL} = \frac{93mgL - 83,5mgL}{3gL} = 95 \text{ г.}$$

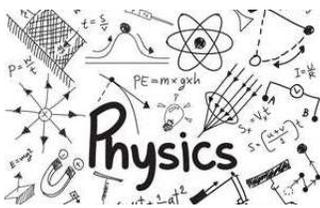
Значит для того, чтобы система пришла в равновесие, нужно справа от опоры подвесить груз массой 95 грамм. (**2 балла**)

Итого максимум 10 баллов за задачу.

Задача № 3. Бассейн, вода и снег

Юра приехал на выходные к бабушке на дачу. Во время прогулки он заметил, что хозяйка соседской дачи не убрали надувной бассейн, но выпустили из него воду. Всю субботу с самого утра шел мелкий холодный осенний дождь, при этом температура весь день была постоянной и равной 1°C . Вечером, когда дождь закончился, Юра измерил уровень в бассейне и он оказался равен 1 см. Ночью были заморозки, а утром в воскресенье пошел снег, температура которого -5°C . Снег шел, а Юра продолжал наблюдать за бассейном. Через некоторое время Δt вся вода в бассейне превратилась в лед. Юра набрал немного снежинок и определил, что масса одной снежинки 5 мг, в 1 м^3 находится 1000 снежинок, а падают они со скоростью 1 м/с.

- 1) Найти массу снега в единице объема (плотность падающего снега).
- 2) Чему равно время Δt ?

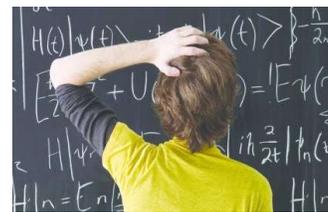


Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

9 класс, 2023/2024 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



3) Считая, что стенки бассейна не деформируются, определите толщину слоя льда в бассейне сразу после замерзания воды.

Теплообмен с окружающей средой считать пренебрежимо малым, теплоемкостью бассейна пренебречь. Считать, что в начале наблюдения в бассейне не было воды, и что снежинки равномерно распределены в воздухе и скорость их падения постоянна. Удельная теплоемкость воды $c_v = 4,2$ кДж/(кг · °С), удельная теплоемкость льда $c_l = 2,1$ кДж/(кг · °С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 337$ кДж/кг, плотность льда $\rho_l = 900$ кг/м³, плотность воды $\rho_v = 1000$ кг/м³.

Возможное решение:

1) Юра определил, что каждом кубометре воздуха в среднем по $N = 1000$ снежинок, а каждая из них имеет массу $m_0 = 5$ мг, значит их общая масса $m = 5000$ мг = 5 г = 0,005 кг. Тогда плотность снега $\rho = m/V = 0,005$ кг/м³. (2 балла)

2) Т.к. теплоемкостью бассейна и теплообменом с окружающей средой по условию задачи можно пренебречь, для использования уравнения теплового баланса нужно записать три выражения:

теплота, выделяемая водой, при охлаждении ее в бассейне до температуры кристаллизации $Q_1 = m_v c_v (0^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C})$; теплота, выделяемая водой при кристаллизации $Q_2 = -m_v \lambda$; теплота, поглощаемая упавшим снегом за все время Δt : $Q_3 = m_l c_l (0^\circ\text{C} - (-5^\circ\text{C}))$.

Запишем уравнение теплового баланса

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0.$$

(3 балла за выражения для количеств теплоты и уравнение теплового баланса. Возможна запись сразу всего в одном уравнении в том или ином виде).

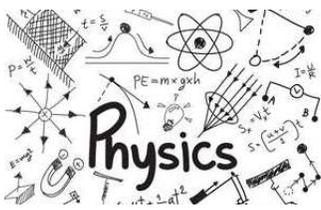
Заметим, что начальная масса воды в бассейне равна $m_v = \rho_v h_0 S$, где S – площадь основания бассейна, $h_0 = 1$ см. Масса упавшего снега за время Δt равна массе всех снежинок в столбе воздуха той же площади сечения, что и у бассейна, а высотой $v \cdot \Delta t$, т.е.

$$m_l = m_0 \cdot N \cdot \Delta t \cdot v \cdot S. \text{ (1 балл)}$$

Подставив все данные в уравнение теплового баланса получим

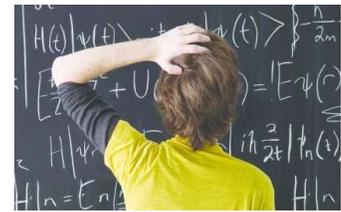
$$\Delta t = \frac{\rho_v h_0}{m_0 N v} \cdot \frac{c_v + \lambda}{5c_l} \approx 64990,5 \text{ с} \approx 18 \text{ ч.}$$

(2 балла – 1 балл за формулу, 1 балл за численное значение)



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

9 класс, 2023/2024 учебный год
Длительность 3 часа 50 минут
Максимум 50 баллов.



3) Для расчета толщины слоя льда следует учесть общую массу образовавшегося льда за время Δt , т.е. массу воды в бассейне перед началом снегопада и общую массу снега, упавшего за то же время Δt :

$$M = m_{\text{в}} + m_{\text{л}} = \rho_{\text{в}} \cdot S \cdot h_0 + m_0 \cdot N \cdot \Delta t \cdot v \cdot S.$$

Разделив все уравнение на площадь основания бассейна и на плотность льда, получим толщину слоя льда, образованного к моменту окончательного замерзания всей начальной воды.

$$H = \frac{\rho_{\text{в}} h_0 + m_0 N \Delta t v}{\rho_{\text{л}}} \approx 0,372 \text{ м} = 37,2 \text{ см.}$$

(2 балла – 1 балл за формулу, 1 балл за численное значение).

Примечание: Допускается решение «по частям», т.е. использование промежуточных расчетов. Если ответ учащего незначительно (не более 5 %) отличается от верного, его следует засчитывать как правильный.

Итого максимум 10 баллов за задачу.

Задача № 4. Физика в искусстве

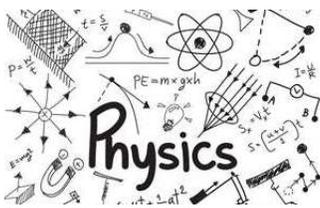
На выставке известного художника Иванова И.И. один из экспонатов был таким: это была вертикальная, абсолютно белая плоская стена, напротив которой параллельно ей было установлено вертикальное плоское зеркало. Во время презентации экспоната Иванов И.И. на глазах у присутствующих нанес на стену две узкие красные вертикальные полосы от пола и до потолка.

Старшеклассница Катя увидела неподалеку от экспоната узкую колонну (на рисунке показан вид сверху) и придумала, как можно сделать такую фотографию, чтобы обе полосы оказались закрыты колонной.

Построением с помощью циркуля и линейки без делений определите, в каком месте Катя должна встать, чтобы сделать такое фото. Считайте, что ширина колонны равна ширине полос, а расстояние между полосами гораздо больше их ширины.

Для построения используйте отдельный лист, который нужно сдать вместе с работой.

Примечание: все построения должны быть описаны в работе.

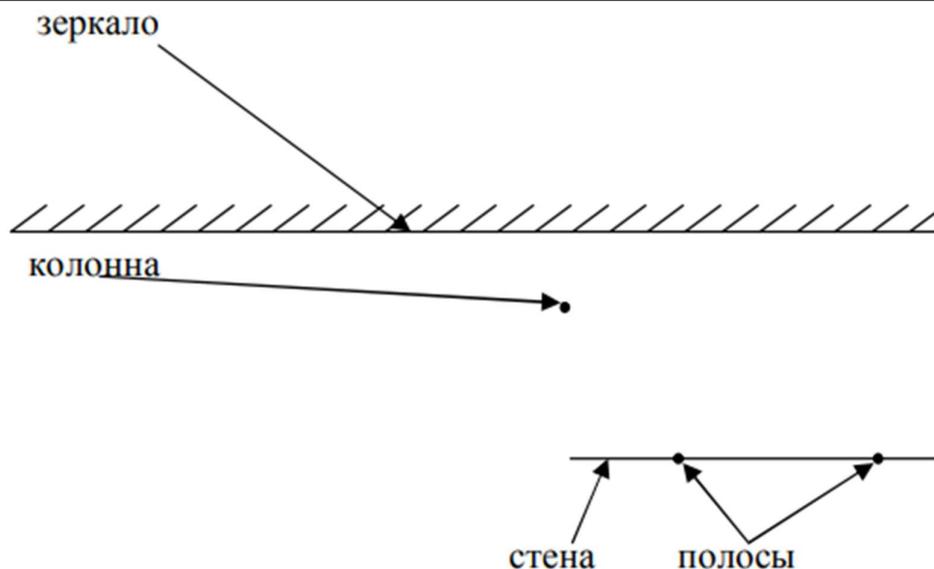
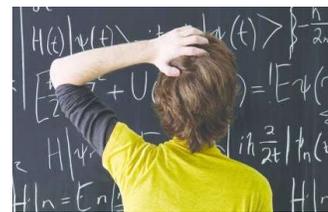


Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

9 класс, 2023/2024 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



Возможное решение:

Понятно, что закрыть одним точечным объектом два других объекта, разнесенных на значительное расстояние, в общем случае нельзя. Поэтому идея кадра заключается в том, чтобы снимать отражение стены (и полос) в зеркале. Тогда изображение одной из полос можно закрыть самой колонной, а другой – ее отражением в зеркале.

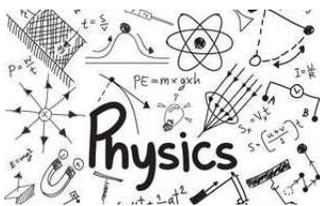
Соответственно, нужно построить отражения полос и колонны в зеркале, после чего провести прямые, соединяющие изображение левой полосы с изображением колонны, а правой – с колонной. Пересечение этих прямых и даст точку, в которую нужно встать Кате для фотографии (см. рисунок).

Критерии оценивания:

Построены изображения полос и колонны - по **1 баллу** за каждое, итого **3 балла**

Построена нужная точка (описаны построения!) – **7 баллов (без описания 2 балла)**.

Примечание: Требовать описания построения изображений полос и колонны в зеркале не нужно, достаточно того, что они построены правильно. При отсутствии пояснений к построению положения Кати ставить за нахождение нужной точки не более 2-х баллов.

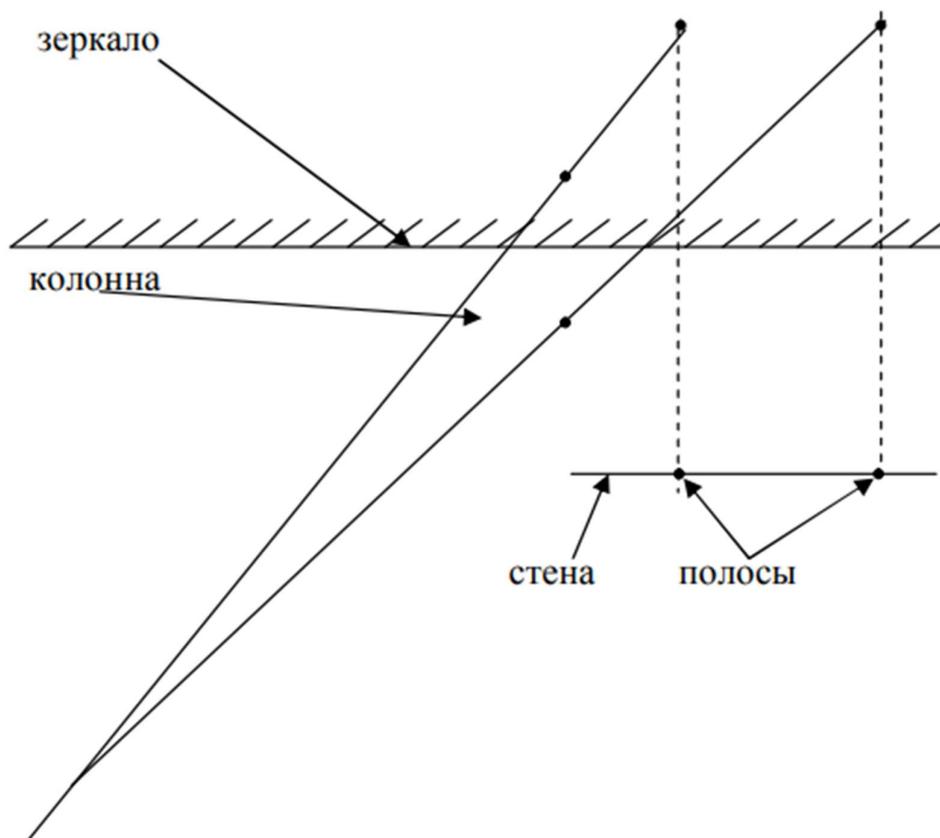
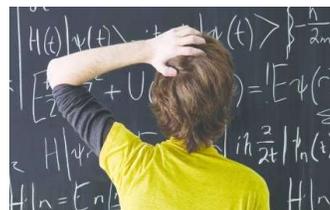


Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

9 класс, 2023/2024 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



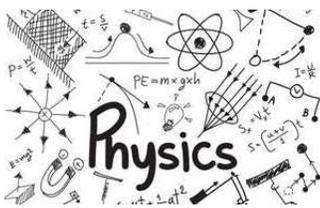
Итого максимум 10 баллов за задачу.

Задача № 5. Много резисторов не бывает (Псевдоэксперимент)

Оборудование: 2 листа миллиметровки формата A4 (предоставляются организаторами).

При снятии измерений использовались: источник питания на 4,5 В, амперметр, вольтметр, пять последовательно соединенных одинаковых неизвестных резисторов R_1 , ключ, соединительные провода.

В ходе работы старшеклассники собрали следующую схему:

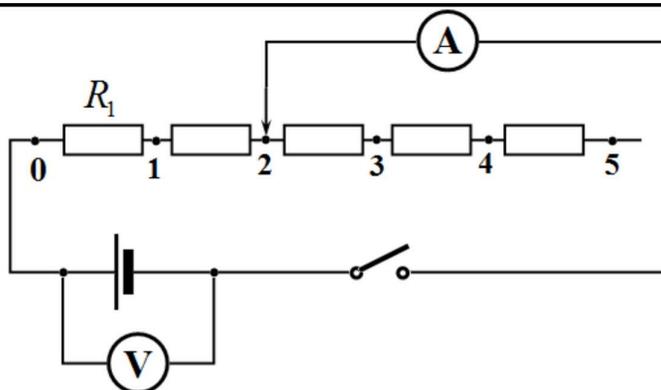
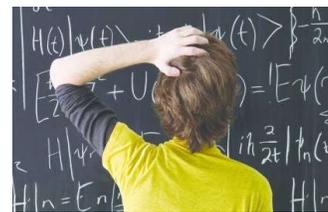


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2023/2024 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

Максимум 50 баллов.



Затем, изменяя количество n включенных в электрическую цепь резисторов R_1 от 0 до 5, старшеклассники записывали показания вольтметра и амперметра. По результатам измерений была составлена следующая таблица:

n	I_n, A	U_n, B
0	0,45	1,55
1	0,25	2,45
2	0,20	2,70
3	0,15	2,95
4	0,11	3,09
5	0,10	3,20

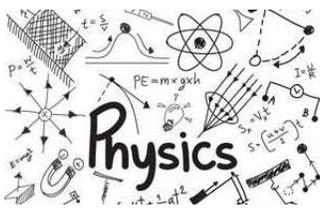
Задания:

- 1) Получите теоретическую зависимость силы тока I_n от напряжения U_n и количества последовательно подключенных резисторов n .
- 2) Укажите такую функцию $Z_n(U_n, I_n)$ от величин U_n и I_n , чтобы ее зависимость от n (количества подключенных резисторов) была линейной.
- 3) Постройте график зависимости $Z_n(n)$.
- 4) Используя полученный график, найдите сопротивление амперметра R_A и сопротивление резистора R_1 .

Возможное решение:

Запишем закон Ома для участка цепи: $I_n = U_n / (nR_1 + R_A)$,

отсюда $U_n / I_n = nR_1 + R_A$, то есть отношение $Z_n = U_n / I_n$ линейно зависит от n .

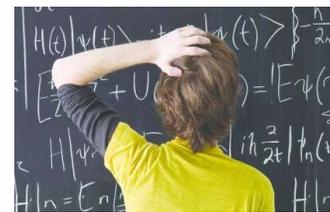


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2023/2024 учебный год

Длительность 3 часа 50 минут

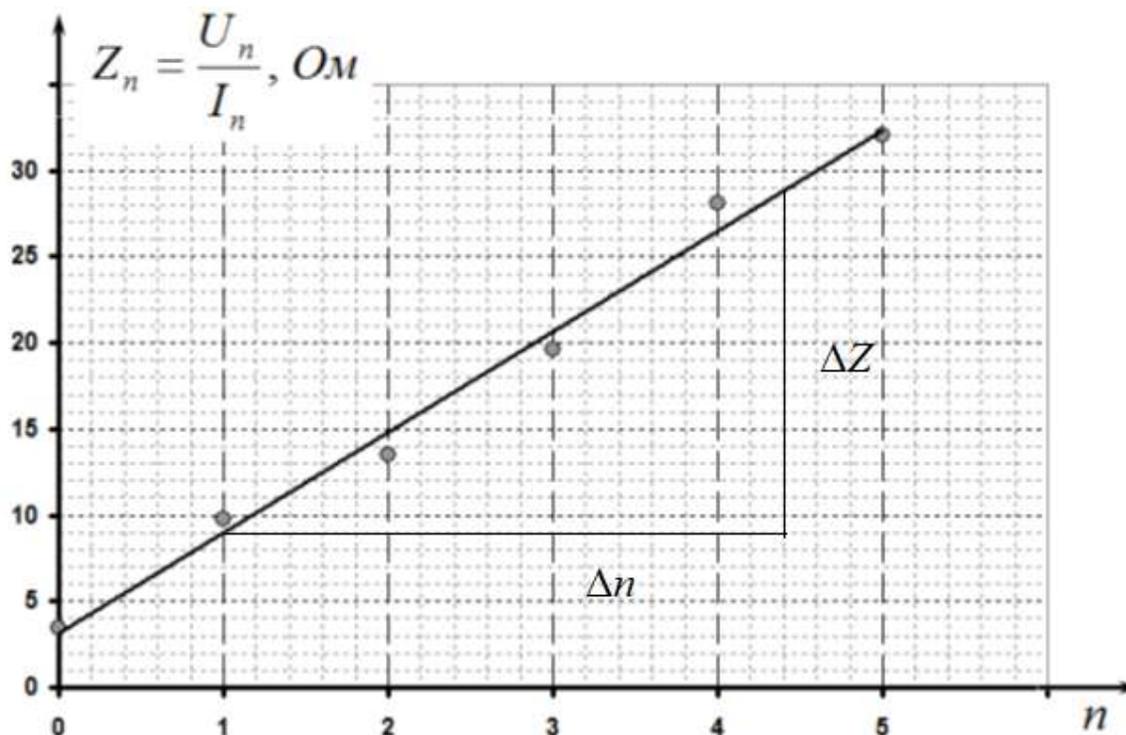
Максимум 50 баллов.



Чтобы построить график зависимости $Z_n(n)$ сделаем дополнительные вычисления в таблице.

n	I_n, A	U_n, B	$Z_n = U_n/I_n$
0	0,45	1,55	3,444
1	0,25	2,45	9,800
2	0,20	2,70	13,500
3	0,15	2,95	19,667
4	0,11	3,09	28,091
5	0,10	3,20	32,000

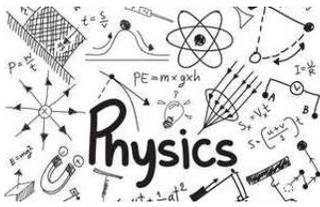
Теперь можно построить график:



Из вида функции $U_n/I_n = nR_1 + R_A$ видно, что коэффициент наклона графика равен сопротивлению R_1 , а его сдвиг по вертикальной оси равен сопротивлению амперметра R_A . Из графика получим: $R_A = 3,2$ Ом (допустимый диапазон плюс-минус 10%), $R_1 = 5,8$ Ом (допустимый диапазон плюс-минус 10%).

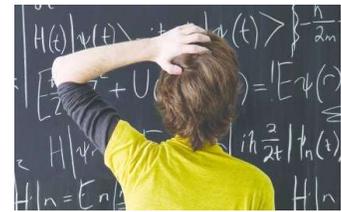
Критерии оценивания:

1) Получение теоретической зависимости: **2 балла.**



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

9 класс, 2023/2024 учебный год
Длительность 3 часа 50 минут
Максимум 50 баллов.



-
- 2) Определение того, что функция $Z_n(U_n, I_n)$ линейно зависит от n : **2 балла**
- 3) График оценивается в **4 балла**:
- а) Адекватный масштаб – **1 балл**
 - б) Подписанные оси – **1 балл**
 - в) На всех осях нанесена шкала – **1 балл**
 - г) проведена оптимальная прямая (точки НЕ соединены ломаной) – **1 балл**
- 4) Получение из графика сопротивления амперметра R_A и сопротивления резистора R_1 (в допустимом диапазоне) – **2 балла** (по **1 баллу** за каждое значение).

Итого максимум 10 баллов за задачу.
