

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)

возрастная группа (10 класс)

ЗАДАНИЕ 1.

Иван Царевич выпустил стрелу из своего лука под некоторым углом α к поверхности земли, в результате чего стрела пролетела 866 с.к. (сажень казенная). Повторяя попытку, он повысил угол запуска на 15° , и стрела преодолела большее расстояние. В третий раз угол снова увеличился ещё на 15° , однако стрела вновь достигла прежней дистанции в 866 с.к.

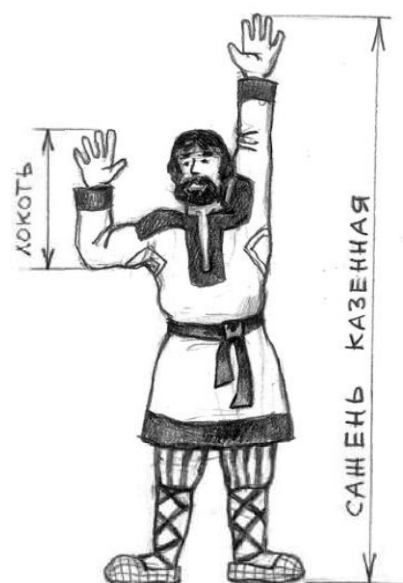


Рис. 1

Пренебрегая малыми размерами самой стрелы, сопротивлением воздуха и перепадом высот начала и конца траекторий стрелы, рассчитайте:

- 1) Какой угол к горизонтали выбрал Иван Царевич в своей первой стрельбе?
- 2) Какую самую большую дальность полёта способна преодолеть стрела Ивана Царевича?
- 3) Какую максимальную высоту подъема способна достичь выпущенная стрела Ивана Царевича?

Замечание: начальная скорость вылета стрелы считается неизменной во всех попытках.

Решение.

Дальность стрельбы в указанных условиях определяется выражением

$$S = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\beta),$$

где β – угол между начальной скоростью и её проекцией на плоскость горизонта. Это выражение можно вывести из векторного треугольника перемещений или через систему уравнений движения в координатах.

Из анализа можно получить, что одинаковая дальность стрельбы будет при углах α и $90^\circ - \alpha$. А по условию эти углы разделяет 30° . Значит, $\alpha = 30^\circ$.

Во второй попытке стрельба велась под углом 45° . Значит, дальность была

$$S_2 = \frac{v_0^2}{g} = \frac{S_1}{\sin 60^\circ} \approx 1000 \text{ с. к.}$$

Это максимально возможная дальность выстрела при данных условиях.

Максимальная высота подъёма может быть найдена из кинематики или ЗСЭ:

$$H_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{S_2}{2} = 500 \text{ с. к.}$$

Критерии оценивания

1.	Получено правильное выражение для дальности выстрела	1 балл
2.	Сделан вывод о связи углов при одинаковой дальности	1 балл
3.	Найден угол α	1 балл
4.	Найден угол стрельбы во второй попытке	1 балл
5.	Сделан вывод о том, что дальность во 2-ой попытке и есть максимально возможная	1 балл
6.	Получено правильная связь дальностей первой и второй попыток	1 балл
7.	Получена правильная дальность второй попытки	1 балл
8.	Получено правильное выражение для максимальной высоты	1 балл
9.	Получена правильная связь $H_{\max}$ и S_2 (или S_1)	1 балл
10.	Правильно подсчитана $H_{\max}$	1 балл
<i>Всего</i>		<i>10 баллов</i>

Примечание. Численные результаты оцениваются только в окончательном ответе на поставленные вопросы. Отсутствие вычислений в промежуточных пунктах не снижает оценку.

ЗАДАНИЕ 2.

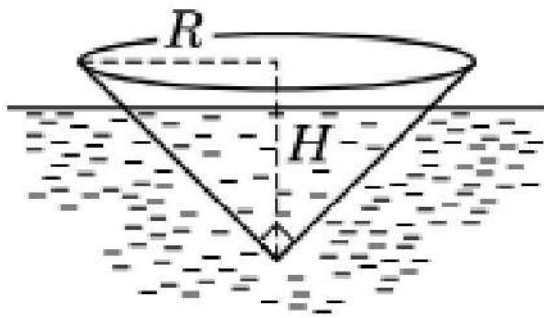


Рис. 2

Конусообразная льдина (рис. 2) с прямым углом вершины находится на плаву в водоёме. Требуется определить наименьший возможный радиус R её основания, при котором ребёнок весом $m=50$ кг способен спокойно находиться посередине ледяной поверхности, оставаясь сухим.

Табличные данные		
Плотность воды	Плотность льда	Объем конуса
1000 кг/м^3	900 кг/м^3	$V = \frac{1}{3} \pi R^2 H$

Решение.

Так как льдина является конусом с прямым углом при вершине, то $H=R$. Значит объем всей льдины равен:

$$V = \frac{1}{3} \pi R^3$$

Обозначим массу льдины как M , согласно условию плавания льдины:

$$F_A = Mg$$

$$\rho_0 V_n g = \rho V g$$

$$\frac{V_n}{V} = \frac{\rho}{\rho_0} = 0,9$$

Тогда над поверхностью воды находится объем льда

$$V_1 = 0,1V = \frac{0,1}{3} \pi R^3$$

Чтобы ребенок не намочил себя, дополнительная сила тяжести должна компенсироваться силой Архимеда, действующей на V_1 :

$$mg = \rho_0 V_1 g$$

$$m = \frac{0,1}{3} \rho_0 \pi R^3$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3m}{0,1\rho_0\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \times 50}{0,1 \times 1000 \times 3,14}} = 78 \text{ см}$$

Критерии оценивания

1.	Использовано равенство высоты и радиуса основания	2 балла
2.	Отношение $\frac{V_n}{V}$	2 балла
3.	Объем надводной части V_1	1 балл
4.	Связь mg и силы Архимеда, действующей на V_1	3 балла
5.	Выражение для R	1 балл
6.	Численно верный ответ	1 балл
Всего		10 баллов

ЗАДАНИЕ 3.

К проволочному кольцу радиуса $3R$ на одинаковом удалении друг от друга прикреплены четыре нерастяжимые нити. Свободные концы нитей продеты через кольцо из той же проволоки радиуса R и аналогичным способом прикреплены к третьему такому же кольцу (рис. 3), которое закреплено в горизонтальной плоскости. Система находится в равновесии. Считая нити одинаковыми и пренебрегая трением, определить расстояние между центрами нижнего и среднего колец.

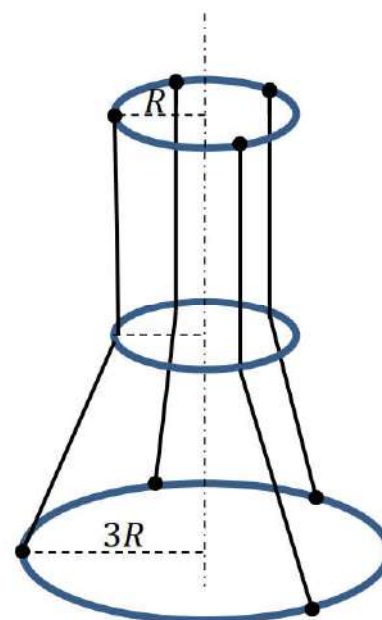


Рис. 3

Решение.

Радиус нижнего кольца в три раза больше радиуса среднего кольца, тогда его длина тоже в три раза больше, а так как кольца сделаны из одинаковой проволоки, то и масса тоже в три раза больше.

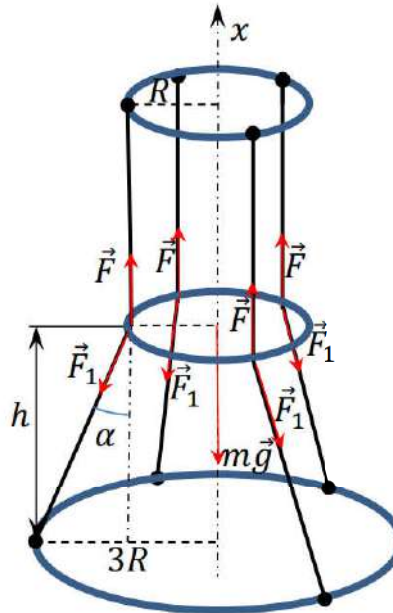


Рис. Р.3.1

Пусть масса малого кольца m , тогда большого $3m$, и сила натяжения каждой из одинаковых нитей равна суммарному весу, действующему со стороны среднего и нижнего колец, деленному на количество нитей

$$F = \frac{mg + 3mg}{4} = mg.$$

Так как нити не растяжимы и трения нет, то эта сила действует вдоль всей нити и $F_1 = F$ (рис. Р.3.1).

Тогда условие равновесия среднего кольца в проекции на вертикальную ось x :

$$4F - mg - 4F_1 \cos \alpha = 0, \quad 4mg - mg - 4mg \cos \alpha = 0,$$

откуда

$$\cos \alpha = \frac{3}{4}.$$

Тогда расстояние между центрами нижнего и среднего колец

$$h = (3R - R) \operatorname{ctg} \alpha = 2R \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{2 \cdot 3}{4\sqrt{1 - \left(\frac{3}{4}\right)^2}} R = \frac{6}{\sqrt{7}} R.$$

Критерии оценивания

1.	Определено соотношение масс колец	1 балл
2.	Определена сила натяжения каждой нити	2 балла
3.	Верно записано условие равновесия колец	2 балла
4.	Верно определено значение угла α или любой тригонометрической функции для него	2 балла
5.	Получено выражение для расчета расстояния между центрами среднего и нижнего колец	2 балла
6.	Верно определено числовое значение расстояния между центрами среднего и нижнего колец	1 балл
Всего		10 баллов

ЗАДАНИЕ 4.

Оборудование: линейка, Приложение 1.

Восстановите положение линзы и ее главных фокусов по предмету AB и его изображению $A'B'$ (рисунок в **Приложении 1**). Определите, с помощью какой линзы получено изображение. (**Бланк Приложения 1** сдается вместе с работой). Пользоваться линейкой для измерений **ЗАПРЕЩЕНО**, она используется только для построений.

Решение.

Изображение прямое и уменьшенное, такое можно получить только с помощью рассеивающей линзы.

Через оптический центр линзы O проходят непреломляющиеся лучи, то есть прямые соединяющие источник A и его изображение A' и источник B и

его изображение B' . Получили первую точку (оптический центр O), лежащую на линзе (рис. Р.4.1).

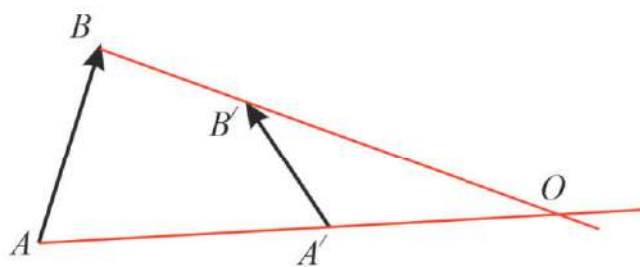


Рис. Р.4.1

После преломления в линзе луч AB должен пройти через все точки изображения $A'B'$. Поэтому очевидно, что точка C пересечения лучей AB и $A'B'$ лежит на линзе (рис. Р.4.2).

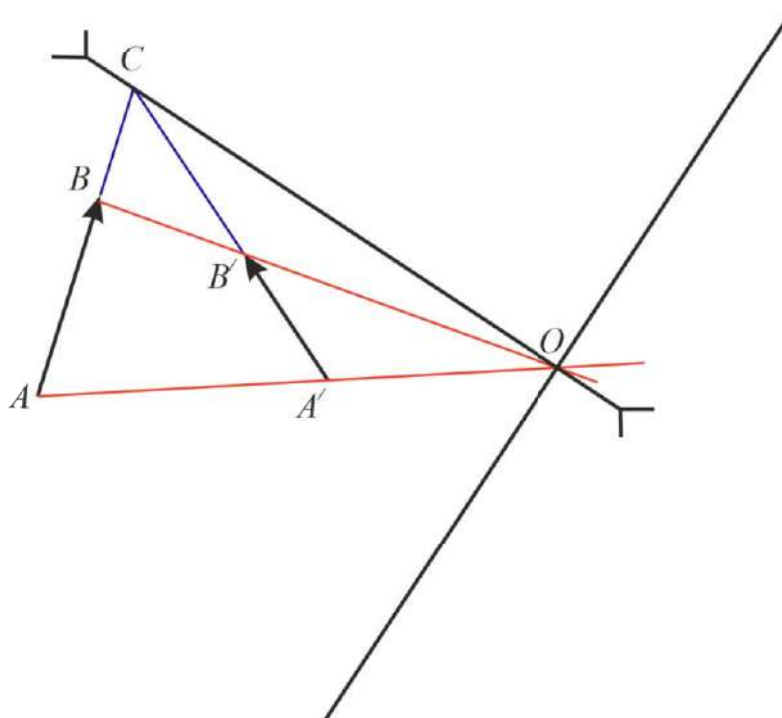


Рис. Р.4.2

Через оптический центр перпендикулярно линзе проведем оптическую ось линзы.

Лучи, падающие на линзу параллельно оптической оси, преломляются в фокусе линзы. Проведем луч параллельный оптической оси, например,

через точку A , после преломления он пройдет через точку A' и пересечет оптическую ось в фокусе F (рис. Р.4.3).

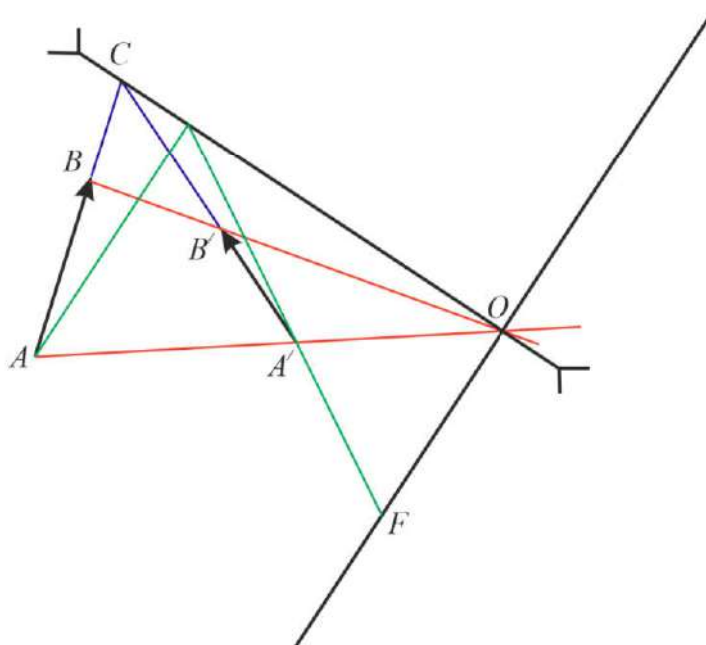


Рис. Р.4.3

Лучи, проходящие через фокус линзы, после преломления идут параллельно оптической оси. Проведем преломленный луч, параллельный оптической оси из изображения, например, точки A' , до преломления он вышел из точки A и прошел через фокус F (рис. Р.4.4).

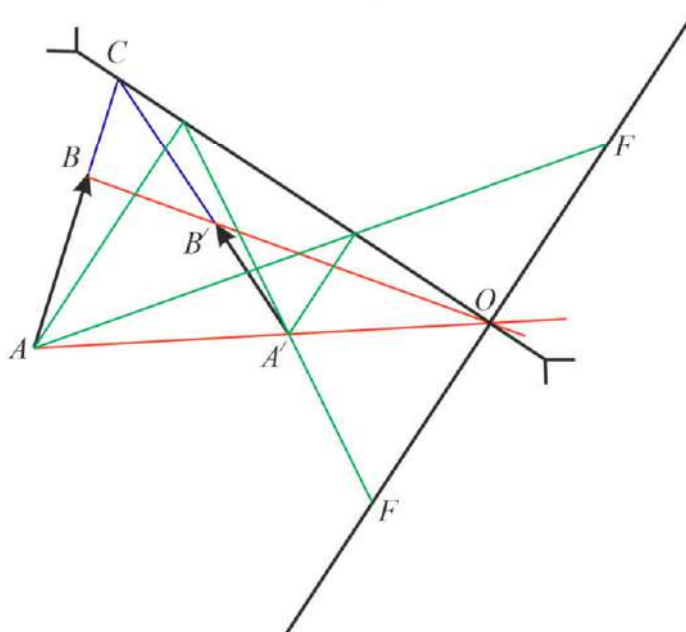


Рис. Р.4.4

Критерии оценивания

1.	Установлено, что линза рассеивающая	1 балл
2.	Верно построено положение оптического центра O	2 балла
3.	Верно найдена вторая точка, необходимая для построения линзы, например, точка C	2 балла
4.	Верно построена линза	1 балл
5.	Верно построена оптическая ось линзы	2 балла
6.	Верно построением определено положение главных фокусов (по 1 баллу за каждый фокус)	2 балла
Всего		10 баллов

ЗАДАНИЕ 5.

Оборудование: линейка, Приложение 2 (или лист миллиметровой бумаги вместо Приложения 2).

Экспериментатор проводил исследование зависимости сопротивления проводника от температуры. Термометр в лаборатории показывал $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Нагревая проводник, экспериментатор заносил измеренные значения температуры t_n и соответствующие значения сопротивления проводника R_n в таблицу 1.

Таблица 1.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_n, ^\circ\text{C}$	24,3	26,9	29,3	31,1	33,1	35,5	37,7	40,2	42,4
$R_n, \text{Ом}$	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00

Известно, что сопротивление проводника зависит от температуры следующим образом

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta T),$$

где $\Delta T = T_n - T_0$ (по шкале Кельвина), R_0 – сопротивление проводника до нагревания при температуре t_0 , α – температурный коэффициент сопротивления материалов.

Представьте описанную зависимость графически. Определите сопротивление проводника до нагревания и температурный коэффициент сопротивления материала проводника с учетом погрешностей.

Считать погрешность термометра равной единице последнего измеряемого разряда, погрешность омметра - 1% от измеренного значения.

В **Приложении 2** представлена миллиметровая бумага для построений. **Приложение 2 (или миллиметровая бумага) сдается вместе с решением задачи.**

Решение.

Зависимость $R = R_0(1 + \alpha\Delta T)$ можно представить в виде

$$R = \alpha R_0 \Delta T + R_0.$$

Результаты расчета ΔT , необходимые для построения графика, представлены в таблице Р5.

Таблица Р5.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_n, ^\circ\text{C}$	24,3	26,9	29,3	31,1	33,1	35,5	37,7	40,2	42,4
$\Delta T, ^\circ\text{C}$	4,3	6,9	9,3	11,1	13,1	15,5	17,7	20,2	22,4
$R_n, \text{Ом}$	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00

$$\Delta(\Delta T) = 0,1\text{K}, \quad \Delta R = 0,01 \text{ Ом}.$$

График зависимости $R(\Delta T)$ представлен на рисунке Р.5.1. Продлевая график влево, где $\Delta T = 0$ определим значение $R_0 = 0,90 \text{ Ом}$.

Погрешность в определении R_0 можно оценить по графику (рис. Р.5.2)

$$\Delta R_0 = \frac{R_{0\max} - R_{0\min}}{2} = \frac{0,91 \text{ Ом} - 0,89 \text{ Ом}}{2} = 0,01 \text{ Ом}, \quad \varepsilon_{R_0} = 0,01.$$

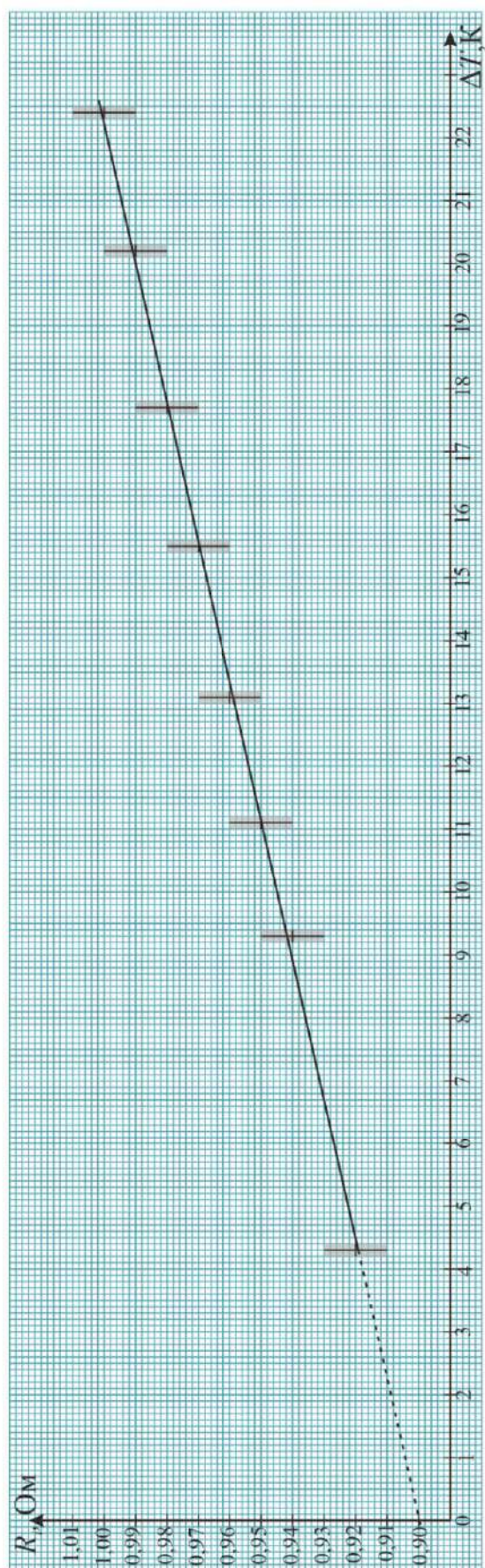


Рис. Р.5.1

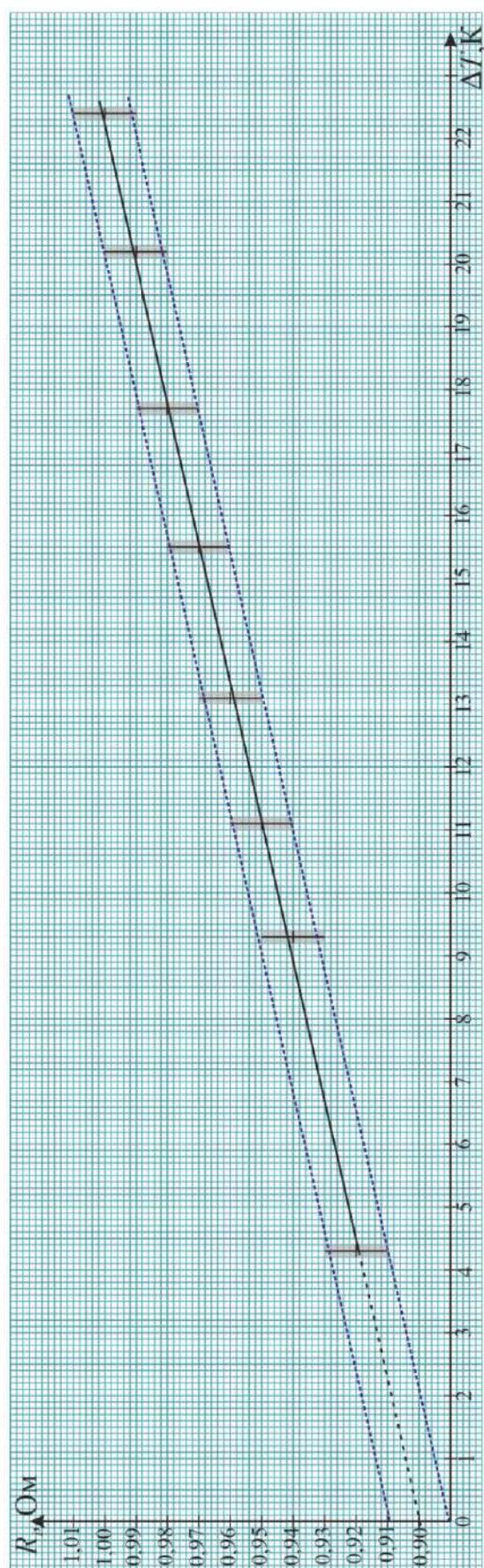


Рис. Р.5.2.

Окончательно имеем

$$R_0 = (0,90 \pm 0,01) \text{ Ом.}$$

По чертежу определим угловой коэффициент наклона графика

$$\alpha R_0 = 4,48 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Ом}}{\text{К}}.$$

Погрешность можно определить с помощью графика (Рис. Р.5.3) или рассчитать по формуле.

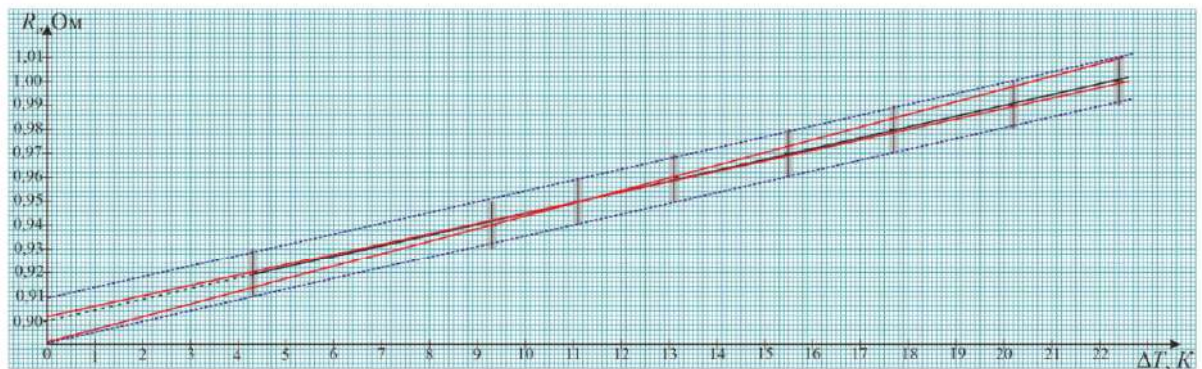


Рис. Р.5.3

$$\Delta(\alpha R_0) = \frac{(\alpha R_0)_{\max} - (\alpha R_0)_{\min}}{2} = \frac{(4,62 - 4,05) \cdot 10^{-3} \frac{\text{Ом}}{\text{К}}}{2} = 0,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Ом}}{\text{К}},$$

$$\varepsilon_{(\alpha R_0)} = 0,07.$$

$$\alpha_{\text{изм}} = 4,98 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}, \quad \varepsilon_{\alpha} = \varepsilon_{(\alpha R_0)} + \varepsilon_{R_0} = 0,08,$$

$$\Delta\alpha = \varepsilon_{\alpha} \cdot \alpha_{\text{изм}} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1},$$

$$\alpha = (5,0 \pm 0,4) \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}.$$

Критерии оценивания

1.1.	Рассчитаны значения ΔT	1 балл
1.2.	Верно построен график зависимости R от ΔT . 1.2.1. Оси подписаны и отложены единицы измерения по осям (0,5 балла); 1.2.2. Выбран рациональный масштаб по осям (0,5 балла); 1.2.3. Нанесены шкалы на оси (0,5 балла); 1.2.4. Соответствие точек, нанесённых на график, табличным значениям (0,5 балла); 1.2.5. Проведена прямая $R(\Delta T)$ (1 балл).	3 балла
2.	Из графика определено значение R_0 и его погрешность Результаты для R_0 укладываются в интервал $0,89 \text{ Ом} - 0,91 \text{ Ом}$	2 балла
3.	Из графика определен угловой коэффициент наклона графика αR_0 (1 балл) и погрешность его измерения (определены из графика или рассчитаны по формулам) Результаты для αR_0 укладываются в интервал $4,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Ом}}{\text{К}} - 4,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Ом}}{\text{К}}$	2 балла
4.	Определено значение температурного коэффициента α , результаты укладываются в интервал $4,6 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1} - 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$.	2 балла
Всего		10 баллов

