

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ШКОЛЬНИКОВ К ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ТУРАМ ОЛИМПИАД ПО ФИЗИКЕ



Докладчик – Тихонов Павел Сергеевич

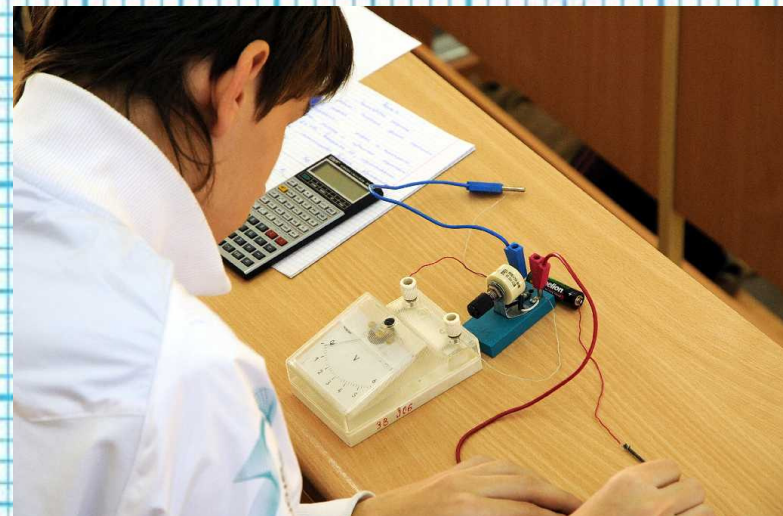
Особенности экспериментальных олимпиадных задач

- Отсутствует возможность использования учебников, помощи преподавателя и т.д.
- Самостоятельное планирование работы.
- Нестандартный подход к использованию оборудования и решению задачи в целом.
- Время на выполнение работы ограничено.



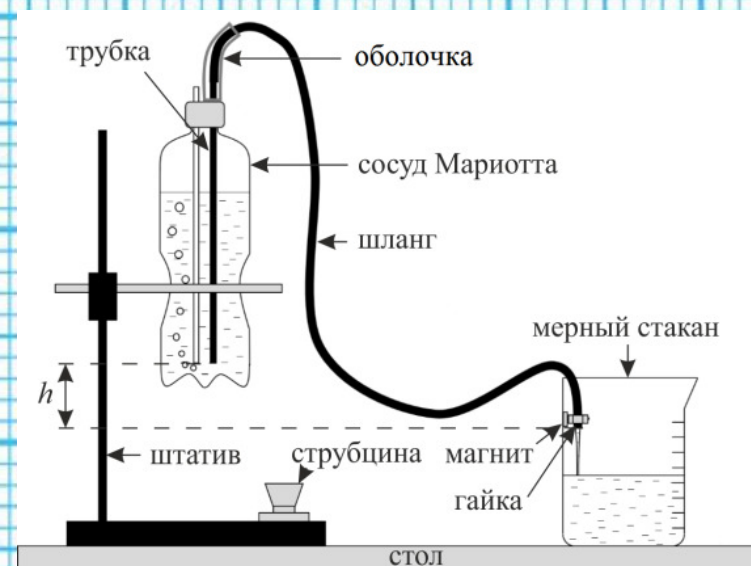
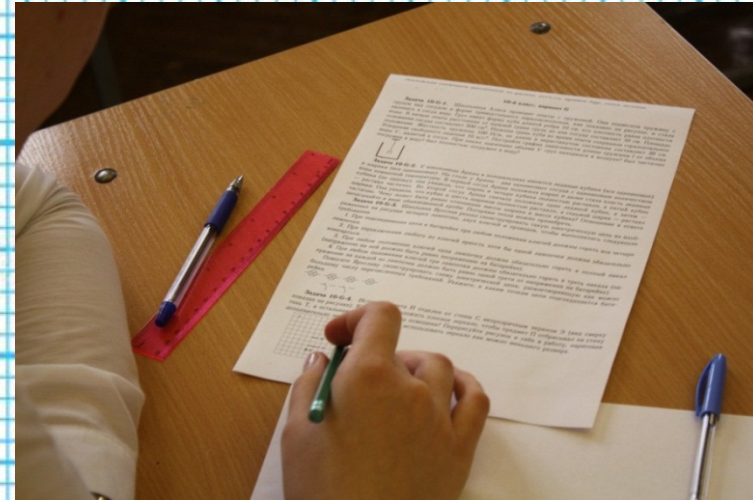
Основные этапы выполнения задачи

- Изучение теоретического материала по задаче.
- Сборка экспериментальной установки.
- Проведение пробного эксперимента.
- Проведение измерений.
- Обработка результатов измерений.
- Оценка погрешностей.
- Формулировка итогового результата.



Оформление работы

- Отчёт не должен содержать излишеств.
- Подробному словесному описанию следует предпочесть схему или рисунок.
- В описании следует уделить особое внимание описанию использованных «оригинальных» приёмов.



Быстрая оценка погрешностей: косвенные измерения

$$c = a + b; \quad \sigma_a, \sigma_b$$

$$\sigma_c^2 = \sigma_a^2 + \sigma_b^2$$

$$\sigma_c \approx \sigma_a + \sigma_b$$

Быстрая оценка погрешностей: косвенные измерения

$$c = a \cdot b \left(\text{или } c = \frac{a}{b} \right):$$

$$\varepsilon_a = \frac{\sigma_a}{a}; \quad \varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{b}; \quad \varepsilon_c = \frac{\sigma_c}{c}$$

$$\varepsilon_c^2 = \varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2$$

$$\varepsilon_c \approx \varepsilon_a + \varepsilon_b$$

Вычисления проще проводить в процентах!

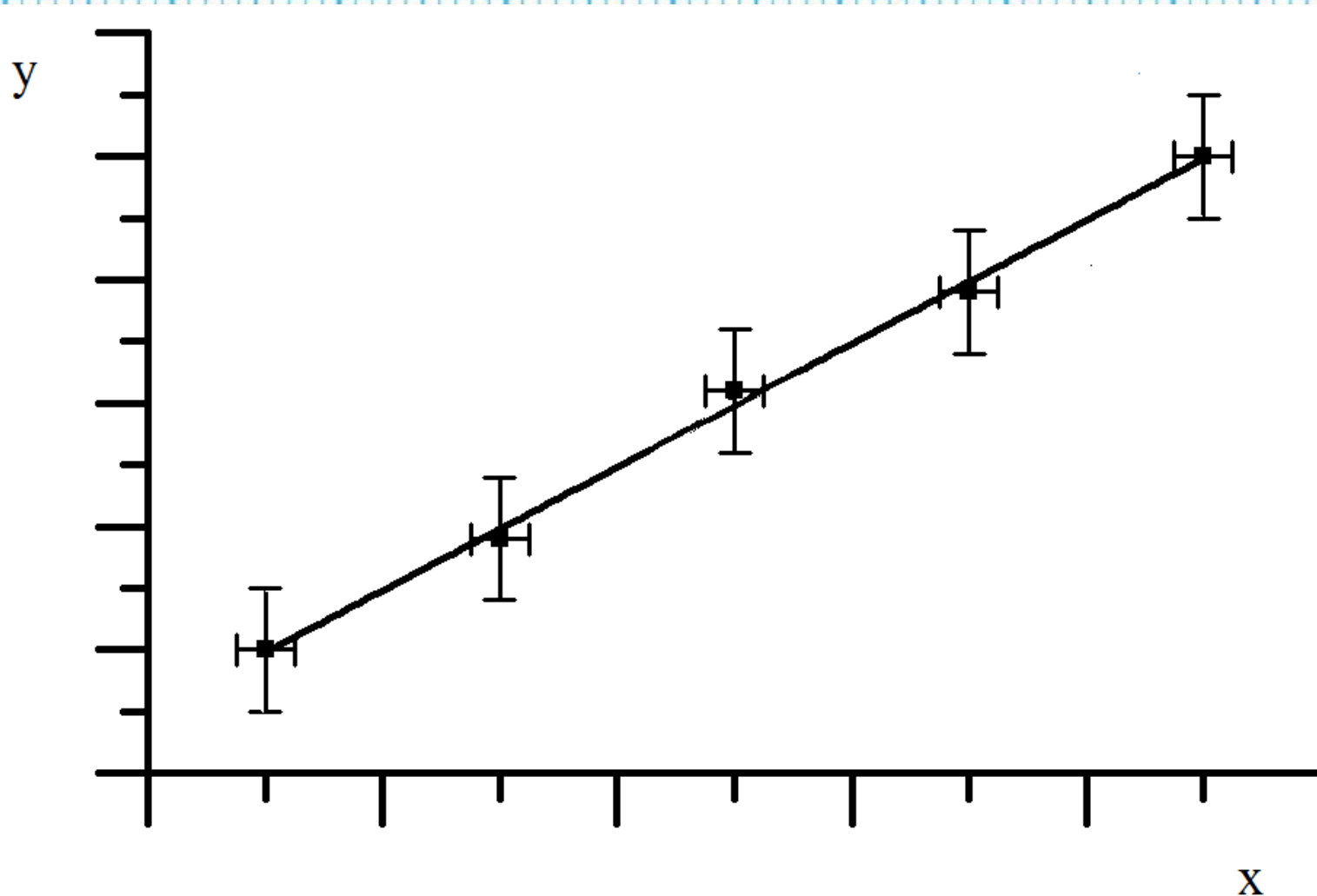
Быстрая оценка погрешностей: среднее значение

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{(x_1 - x_{cp})^2 + (x_2 - x_{cp})^2 + \dots + (x_N - x_{cp})^2}{N(N-1)}}$$

$$\sigma_x \approx \frac{|x_1 - x_{cp}| + |x_2 - x_{cp}| + \dots + |x_N - x_{cp}|}{N}$$

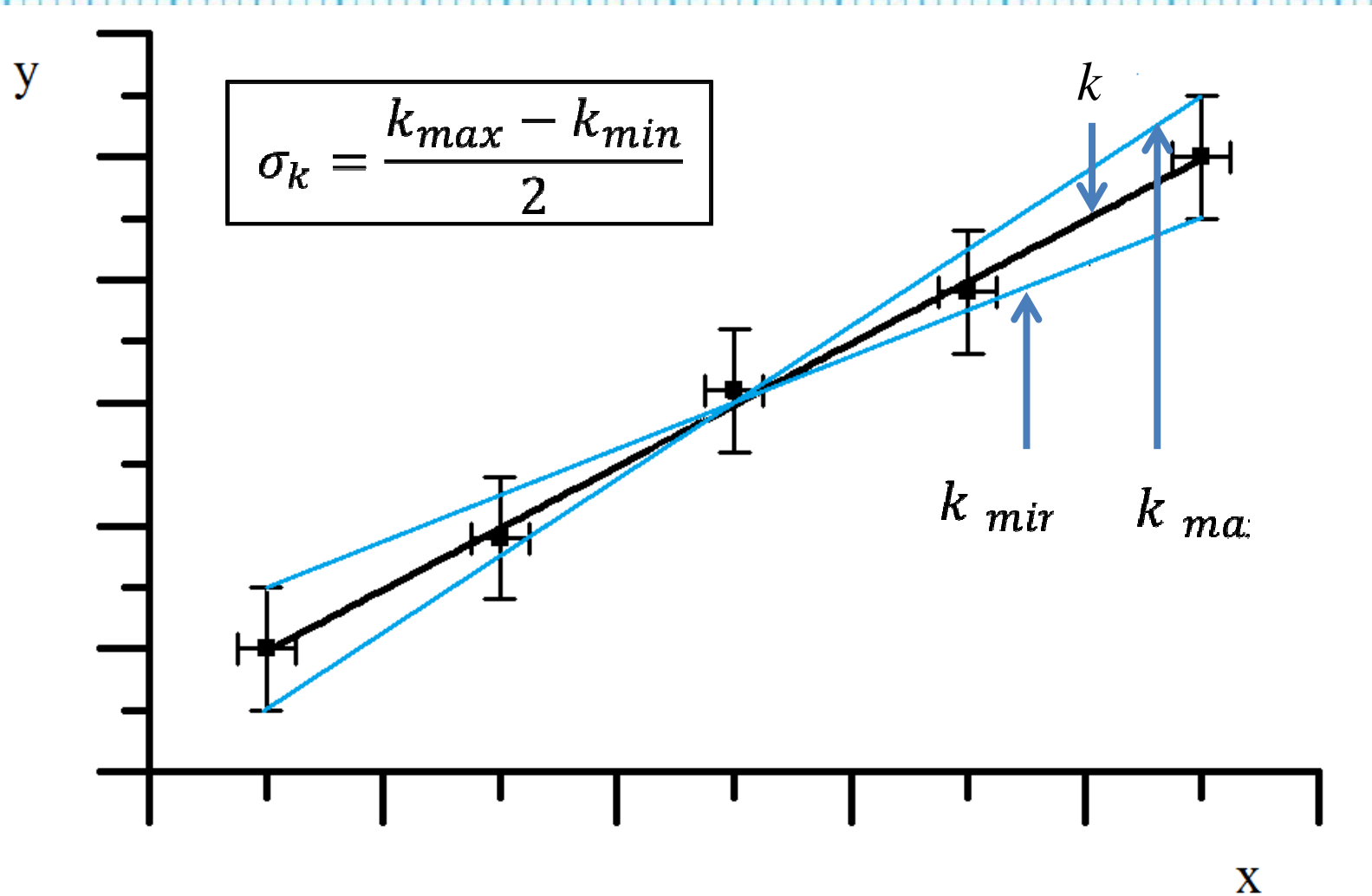
Быстрая оценка погрешностей

$$y = kx + m; \quad \sigma_y, \sigma_x; \quad \sigma_k - ?$$



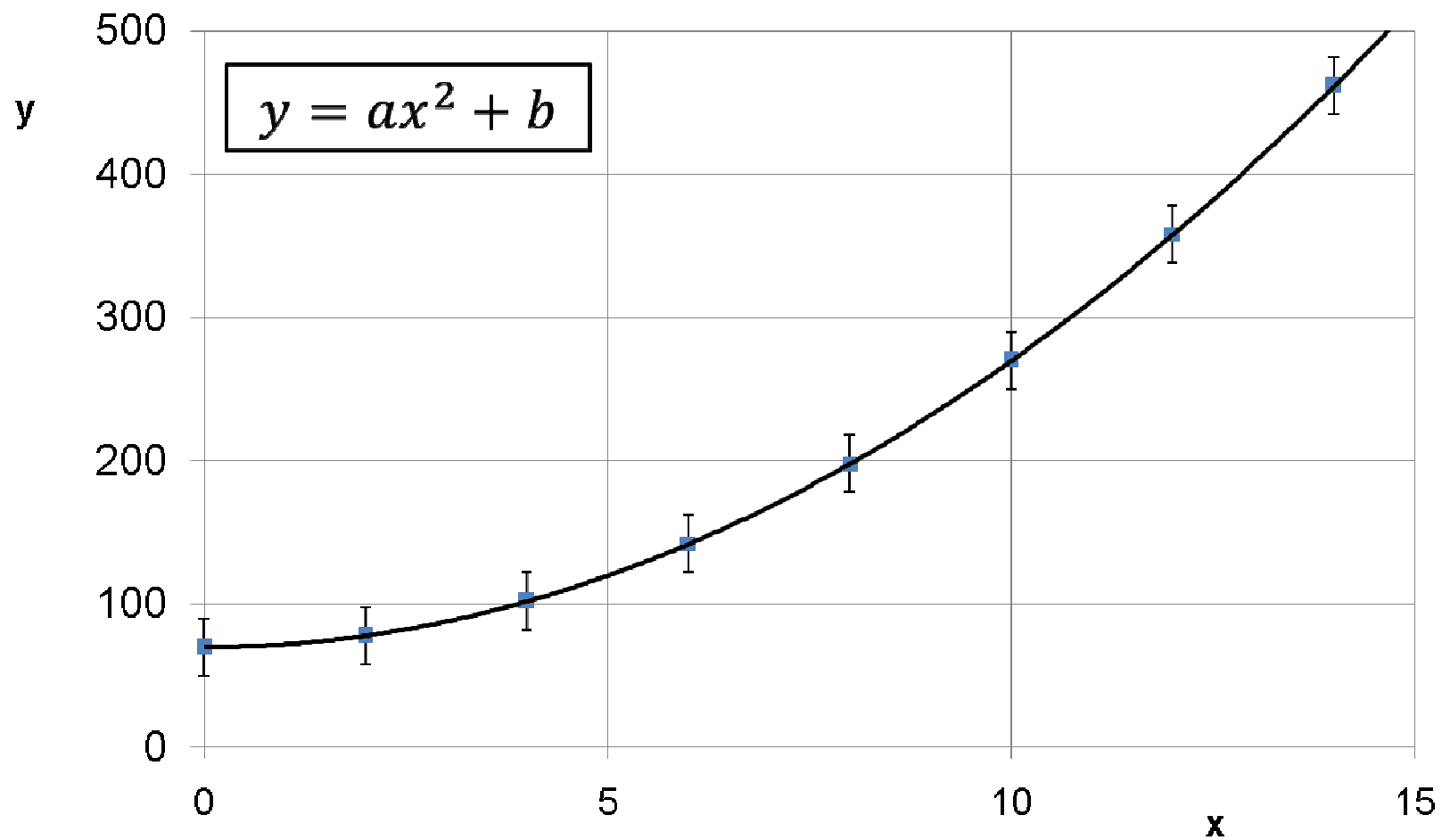
Быстрая оценка погрешностей

$$y = kx + m; \quad \sigma_y, \sigma_x; \quad \sigma_k - ?$$



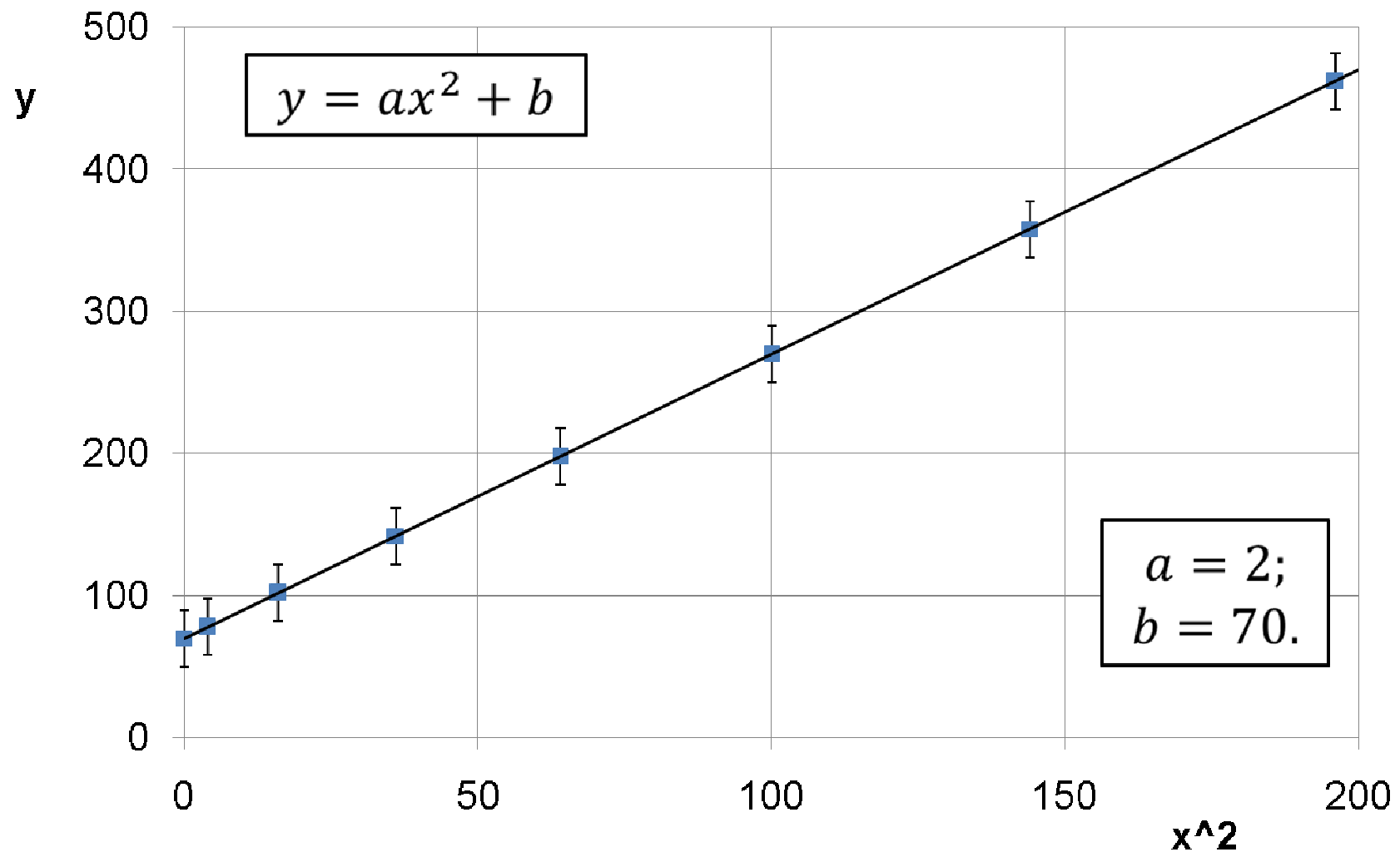
Линеаризация

$$y = ax^m + b; \quad a, b - ?$$



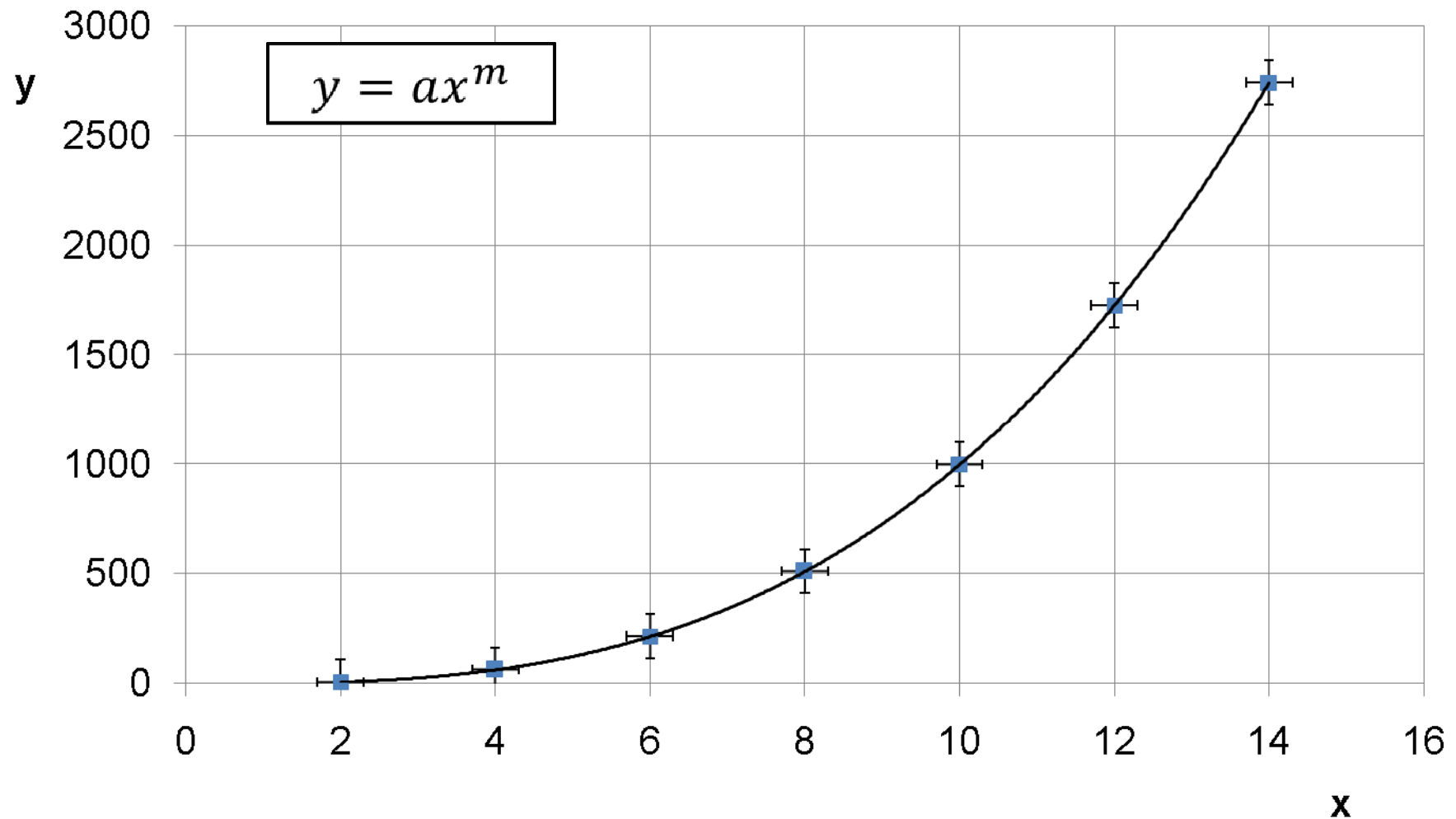
Линеаризация

$$y = a(x^m) + b; \quad a, b - ?$$



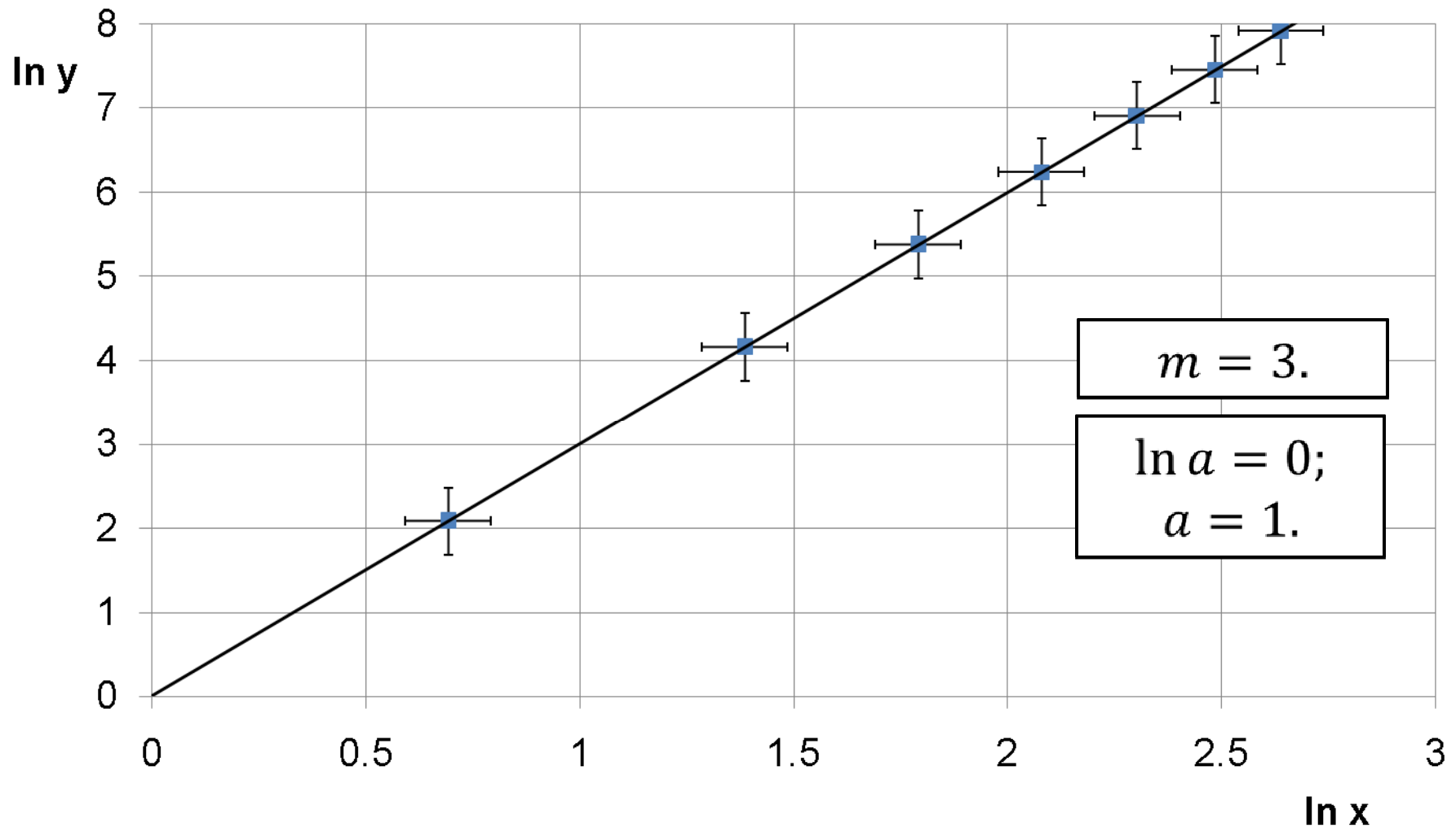
Линеаризация

$$y = ax^m; \quad m - ?$$



Линеаризация

$$\ln y = m \ln x + \ln a; \quad m = ?$$



Пример экспериментальной задачи

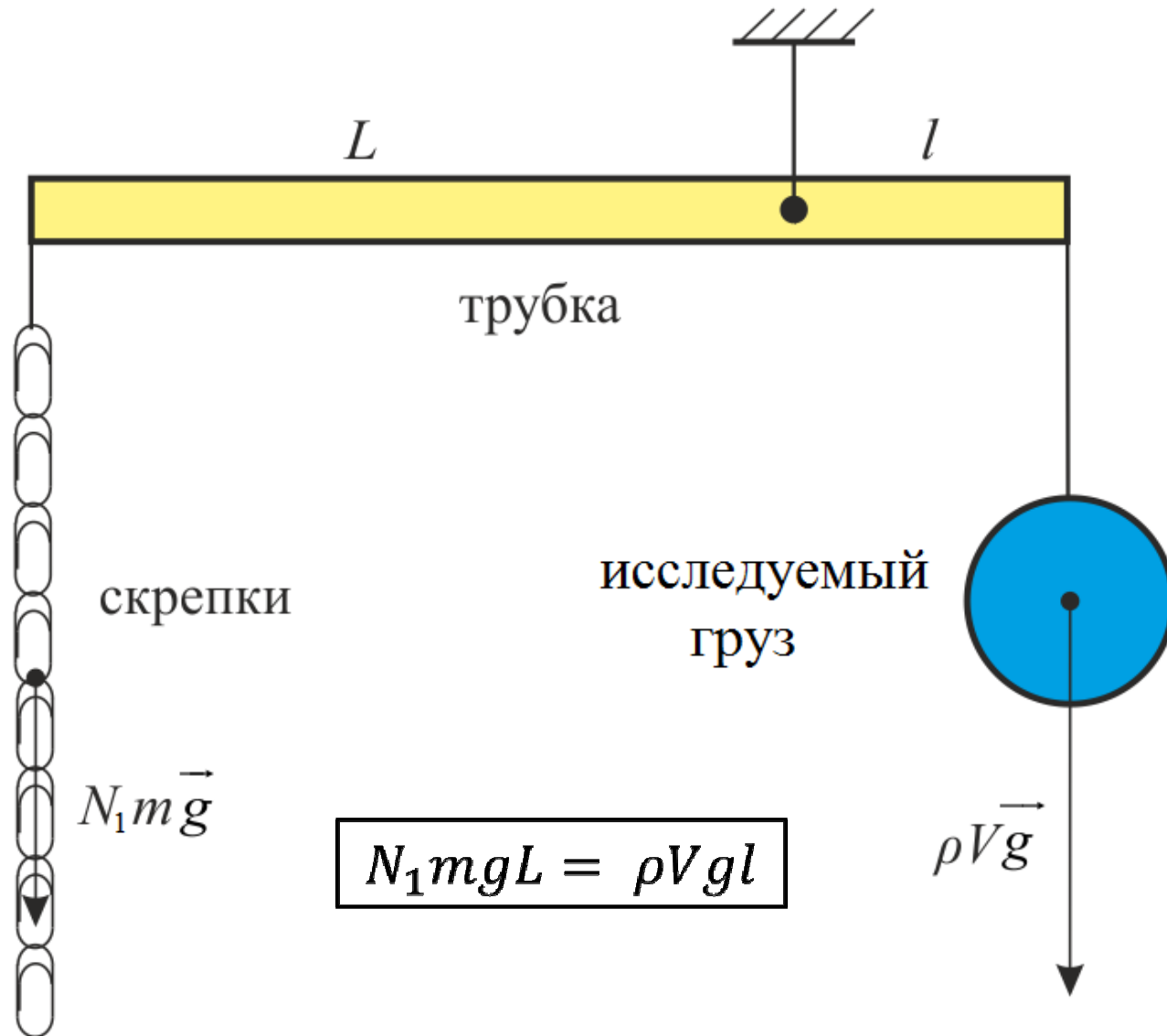
Задание. Определите плотность груза.

Опишите предпринятые действия, которые привели к увеличению точности результата эксперимента.

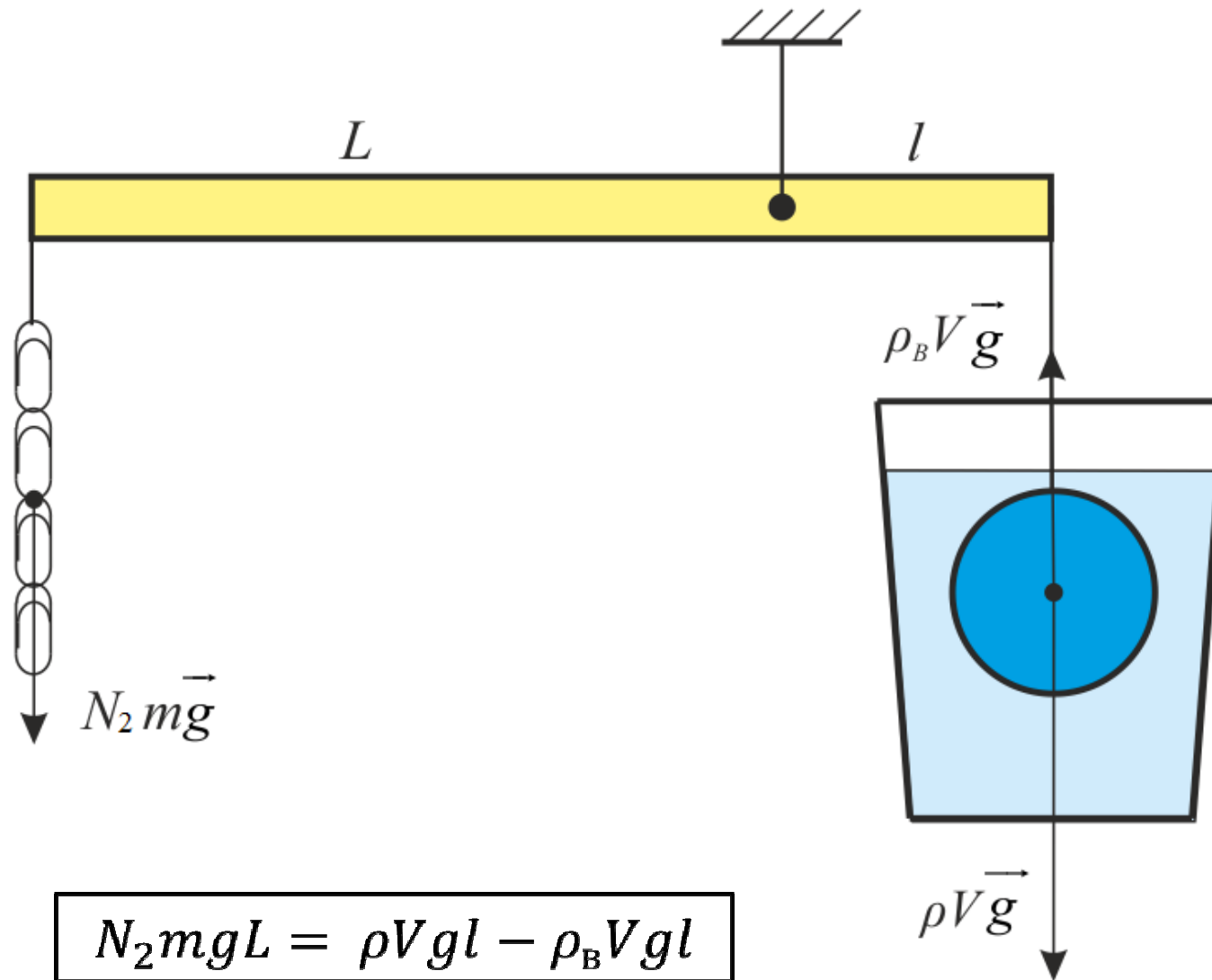
Плотность воды: $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$.

Оборудование. Неоднородная трубка, нить, одинаковые скрепки (50 штук), исследуемый груз (ластик), стакан объёмом 0,5 л с водой, салфетки для поддержания чистоты на рабочем месте, ножницы по требованию.

Выполнение задачи



Выполнение задачи



$$N_2 m g L = \rho V g l - \rho_B V g l$$

Выполнение задачи

$$\left. \begin{aligned} N_1 mgL &= \rho V gl \\ N_2 mgL &= \rho V gl - \rho_B V gl \end{aligned} \right\} \rho = \rho_B \frac{N_1}{N_1 - N_2}.$$

$$\sigma_\rho = \rho \sqrt{\left(\frac{2\sigma_N}{N_1 - N_2} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_N}{N_1} \right)^2}.$$

Увеличение числа использованных скрепок должно повысить точность измерений.

Выполнение задачи

$$N_1 mgL = \rho V gl$$

$$N_2 mgL = \rho V gl - \rho_B V gl$$

$$\left. \begin{array}{l} N_1 mgL = \rho V gl \\ N_2 mgL = \rho V gl - \rho_B V gl \end{array} \right\} \rho = \rho_B \frac{N_1}{N_1 - N_2}.$$

$$N_1 = 50 \pm 1,$$

$$N_2 = 16 \pm 1.$$

$$\rho = 1,47 \pm 0,09 \frac{\Gamma}{\text{CM}^3}.$$

Пример экспериментальной задачи

Задание. измерьте коэффициент теплообмена для стакана с водой и коэффициент полезного действия процесса передачи теплоты от свечи к стакану.

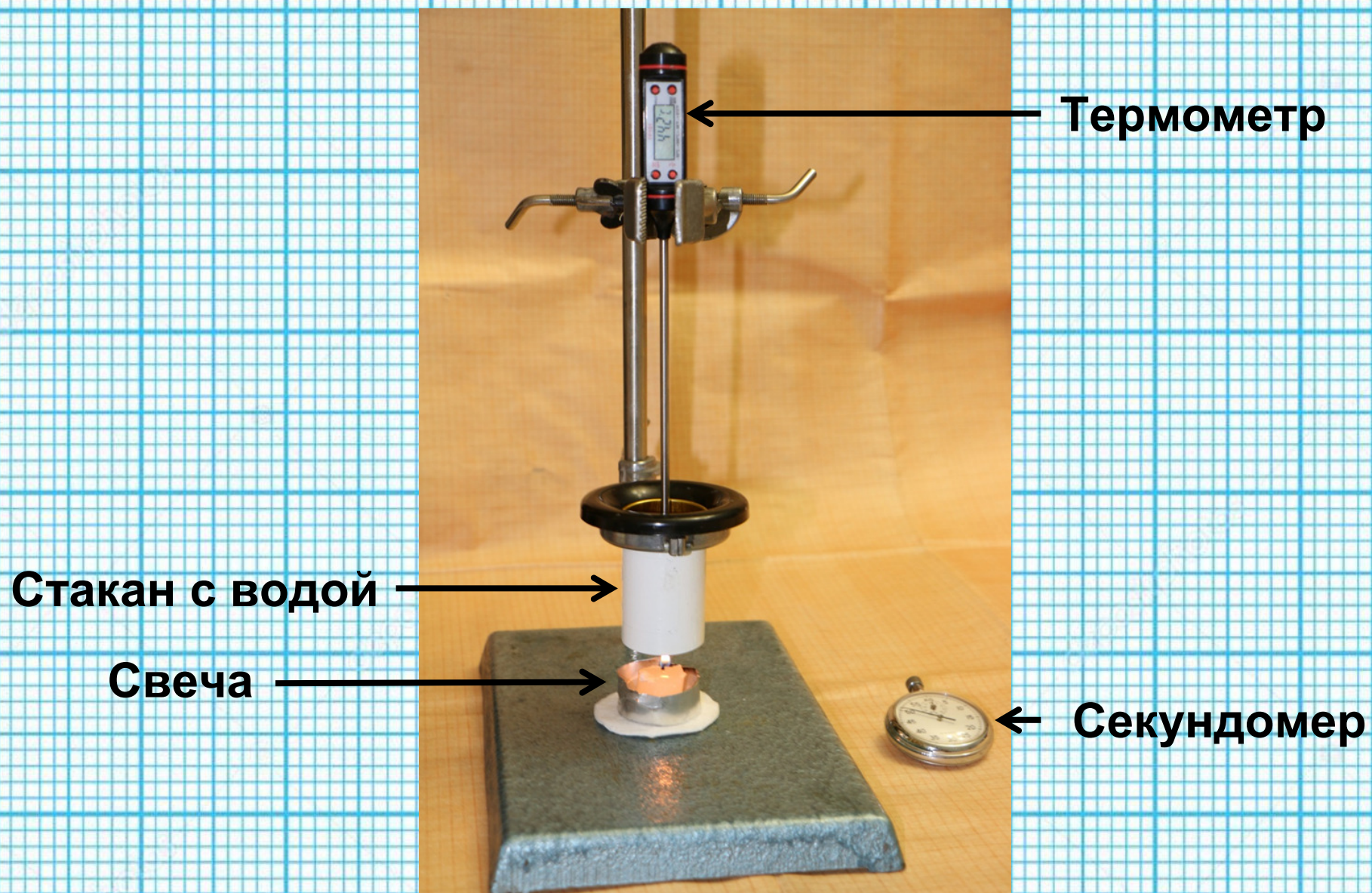
Удельная теплоёмкость алюминия $c = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.

Удельная теплота сгорания парафина:

$$q = 45,8 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}.$$

Оборудование. парафиновая свеча, алюминиевый стакан, штатив с лапкой и кольцом, термометр, секундомер, весы, вода.

Экспериментальная установка



Выполнение задачи

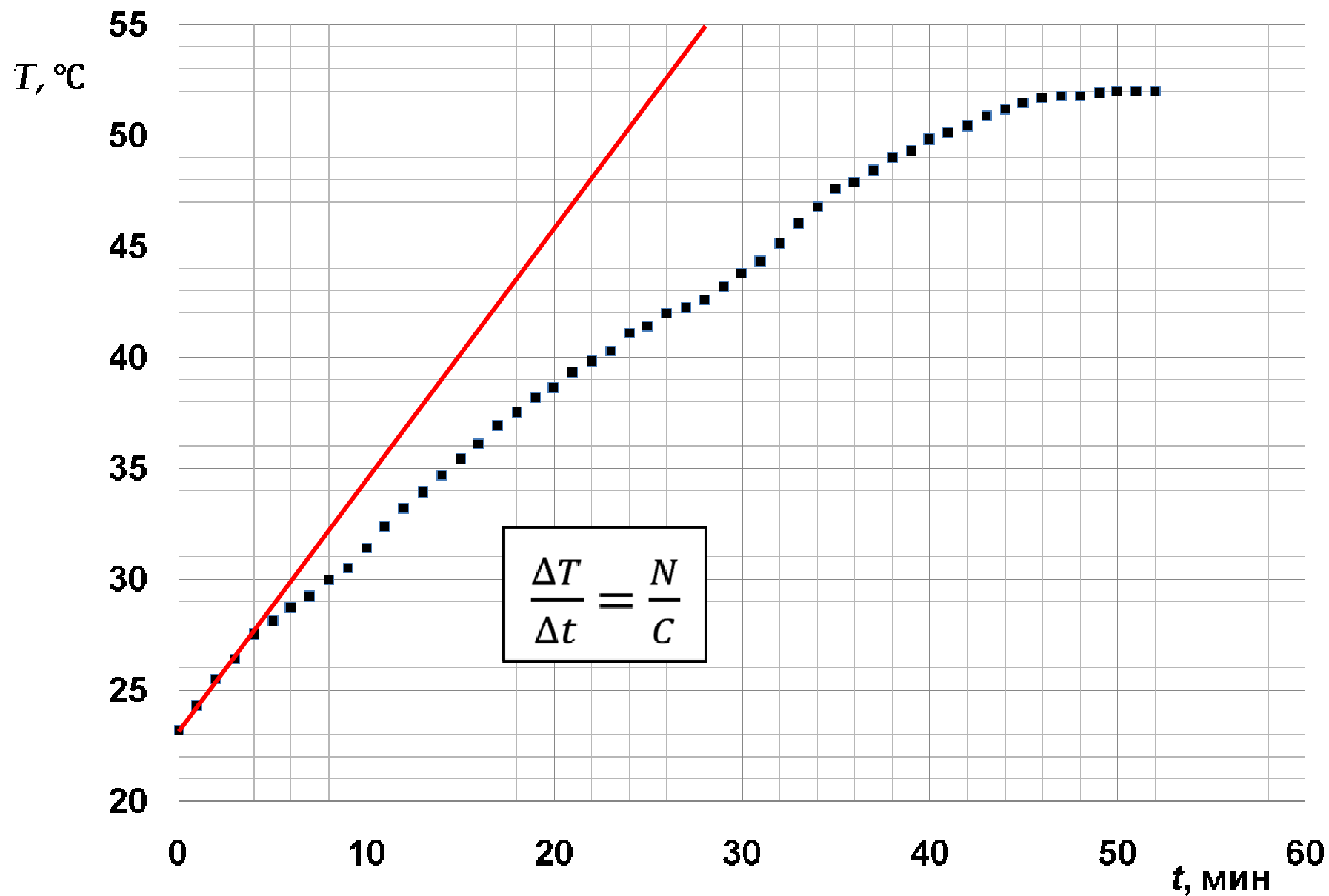
Запишем уравнение теплового баланса:

$$N\Delta t = C\Delta T + \alpha(T - T_0)\Delta t$$

При $t \rightarrow 0$ ($T \rightarrow T_0$):

$$\frac{N}{C} = \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

График зависимости $T(t)$



Выполнение задачи

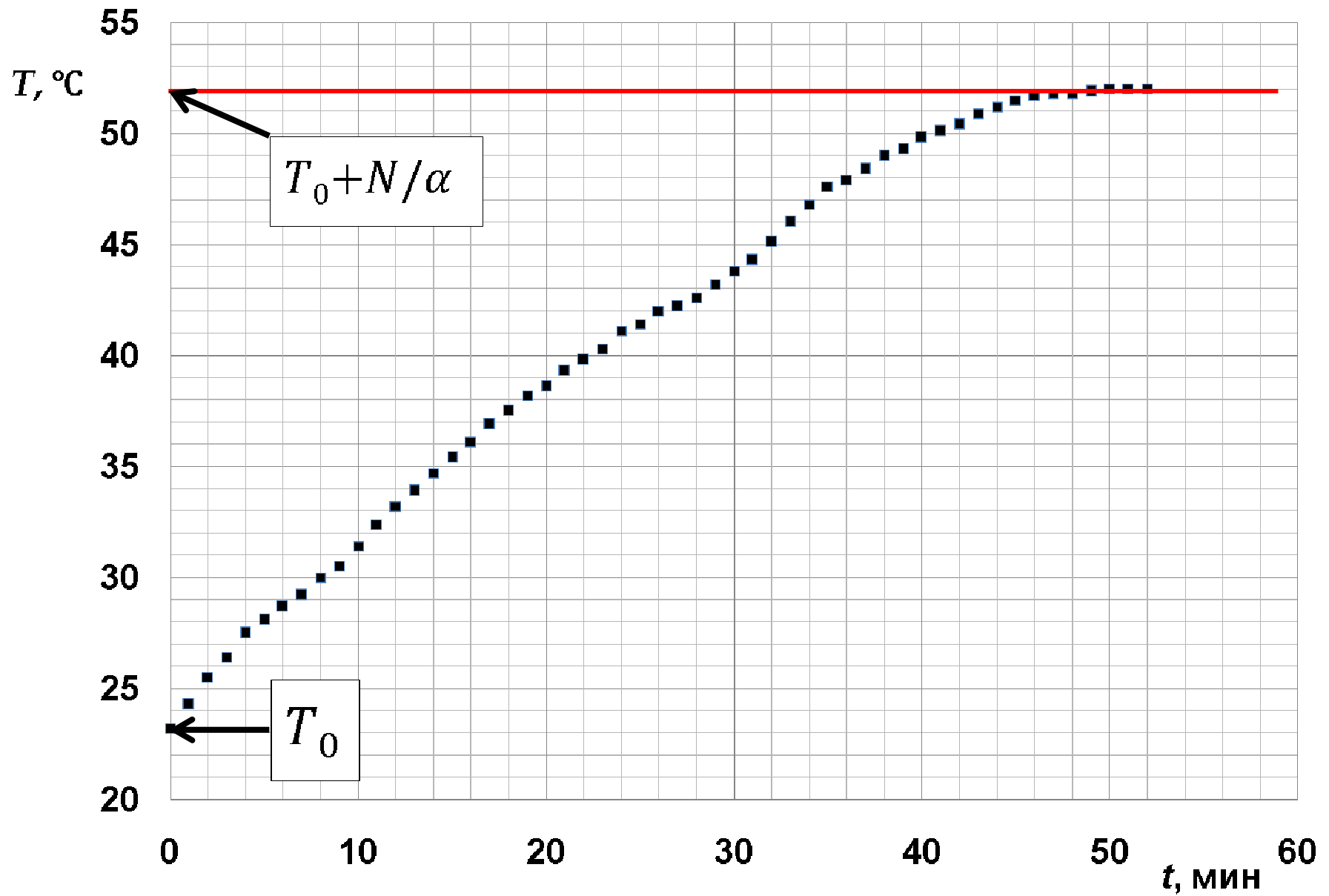
Решение уравнения теплового баланса:

$$T = T_0 + \frac{N}{\alpha} \left(1 - \exp \left(-\frac{\alpha t}{C} \right) \right)$$

При $t \rightarrow \infty$:

$$T = T_0 + \frac{N}{\alpha}$$

График зависимости $T(t)$



Выполнение задачи

Истинная мощность свечи определяется из уравнения:

$$W\Delta t = q\Delta m$$

Коэффициент полезного действия η :

$$\eta = \frac{N}{W}$$



Результаты

Эффективная мощность свечи:

$$N = 9,1 \pm 0,8 \text{ Вт.}$$

Коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha = 0,32 \pm 0,03 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}.$$

Истинная мощность:

$$W = 33,8 \pm 2,1 \text{ Вт.}$$

Коэффициент полезного действия:

$$\eta = 0,3 \pm 0,1.$$

Умение работать с цифровым мультиметром – важный навык участника олимпиады.

Режимы измерения постоянного напряжения

Режимы измерения сопротивления



Дисплей

Режимы измерения переменного напряжения

Режимы измерения постоянного тока

Гнёзда для подключения щупов

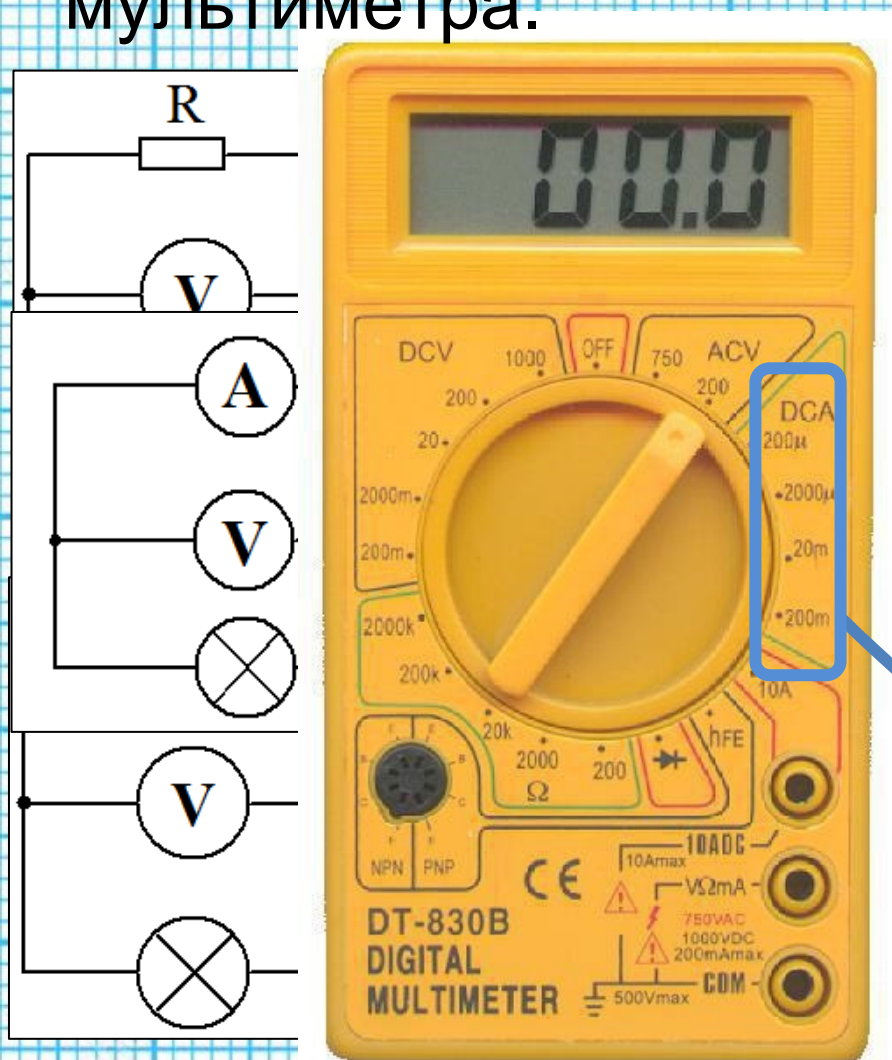
Пример экспериментальной задачи

Задание. Пользуясь «скрытыми» свойствами мультиметров, исследуйте вольт-амперную характеристику лампочки. Постройте соответствующий график.

Оборудование. 2 мультиметра, 2 одинаковые лампы накаливания, соединительные провода, батарейка.

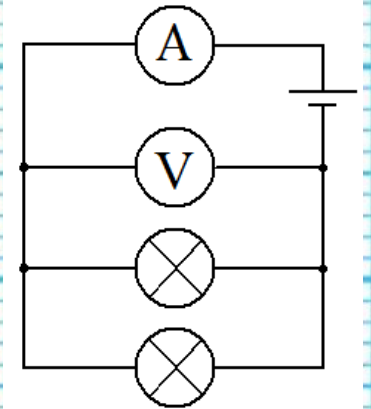
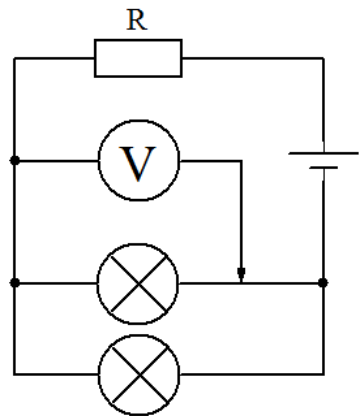
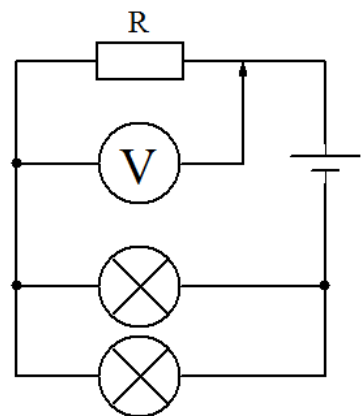
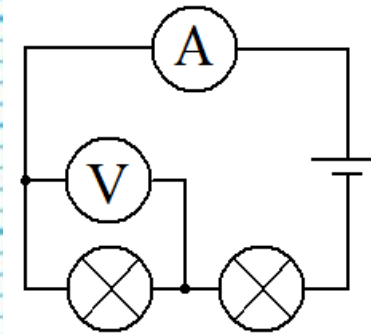
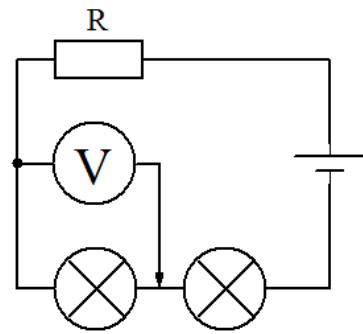
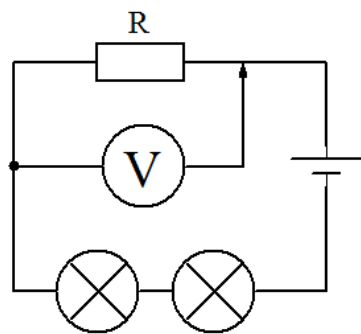
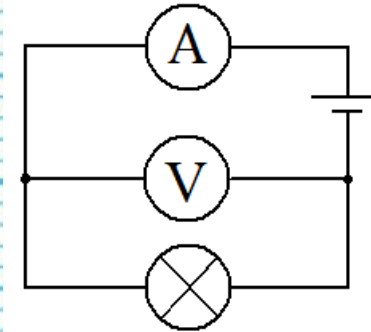
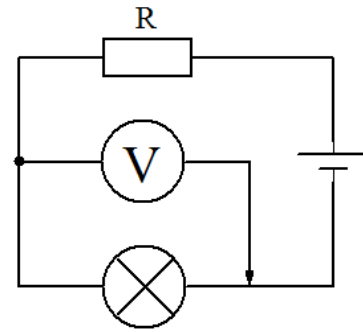
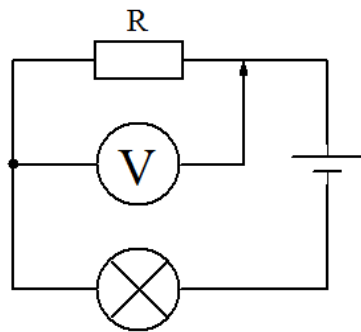
Выполнение задачи

Измерим внутреннее сопротивление мультиметра.



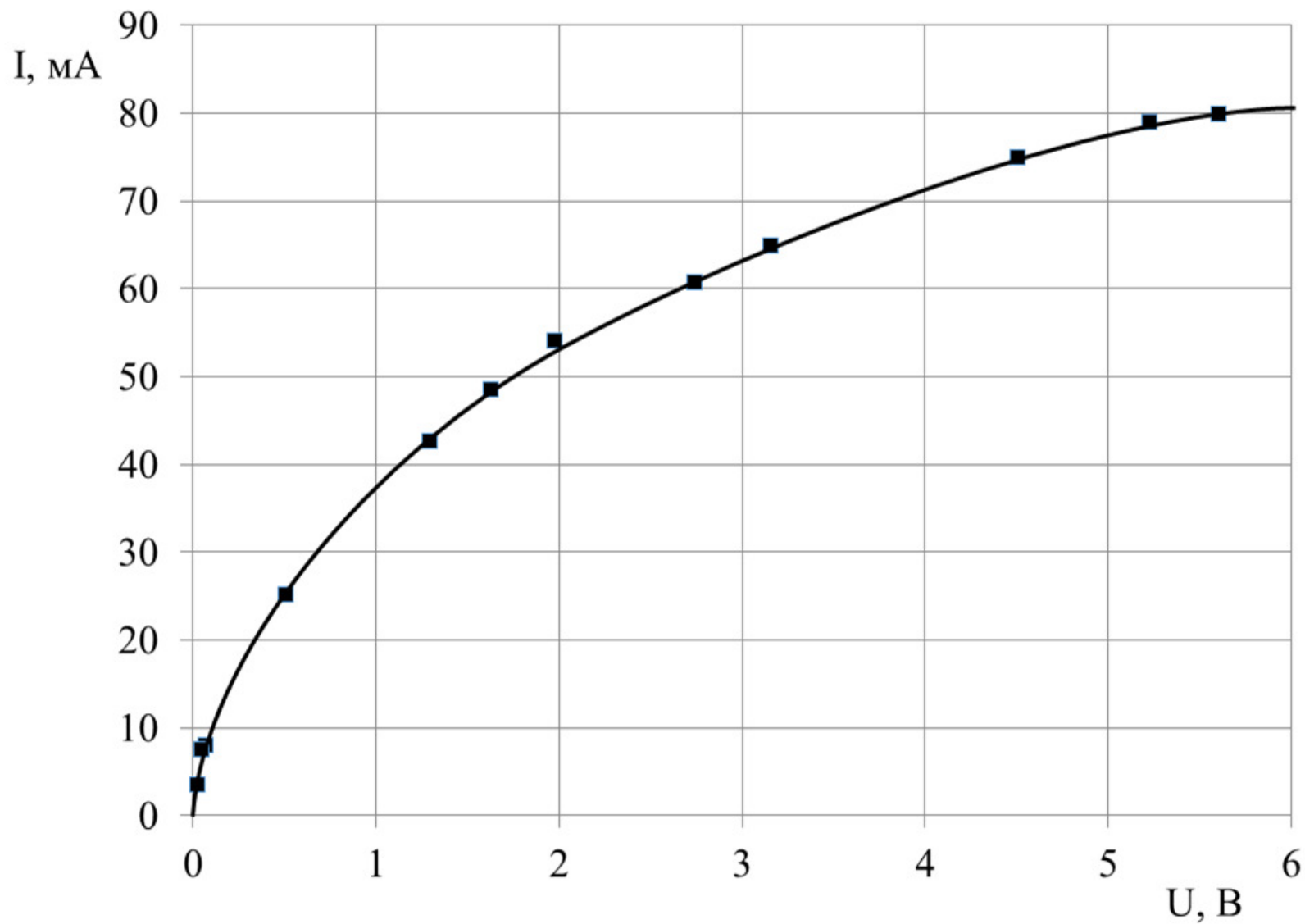
Диапазон	$R, \text{ Ом}$	$\sigma_R, \text{ Ом}$
200 мкА	1000	1
2 мА	100	1
20 мА	11,0	0,1
200 мА	5,0	0,1
10 А	1,0	0,1

Схемы подключения



Результат эксперимента

Вольт-амперная характеристика лампы накаливания

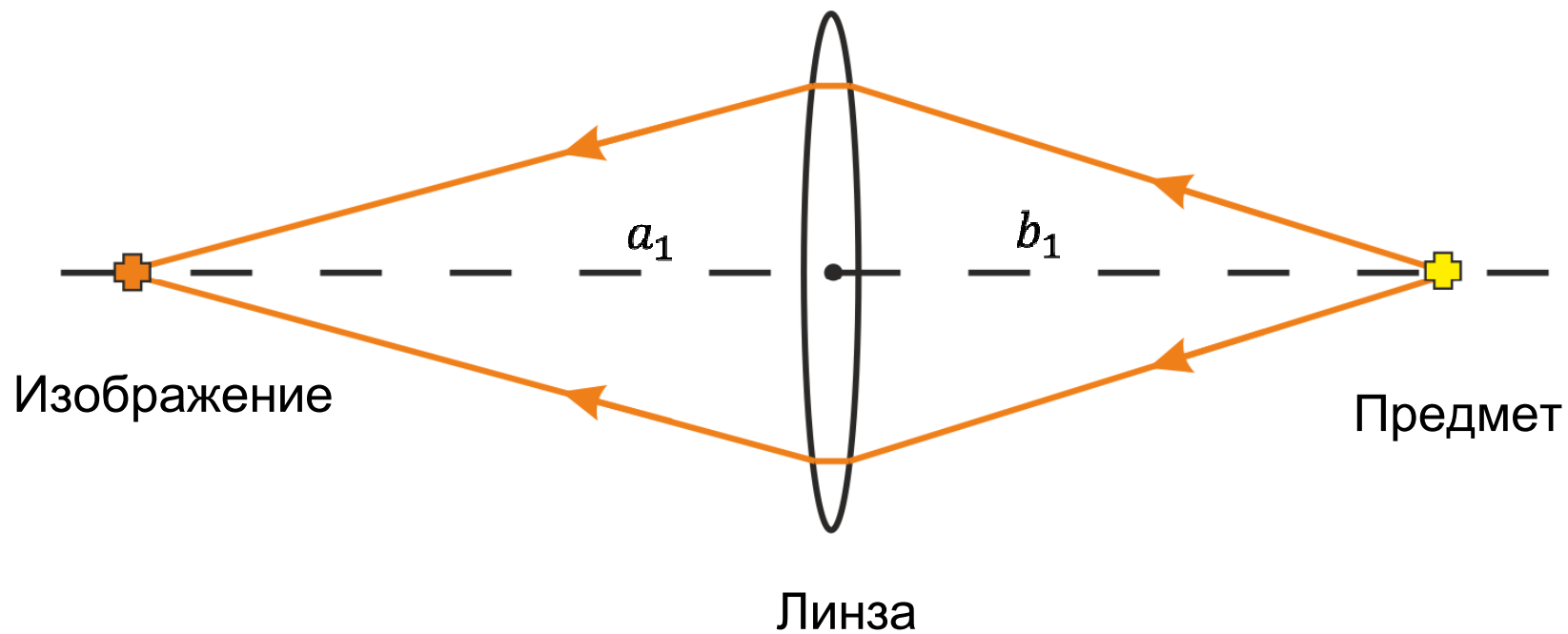


Пример экспериментальной задачи

Задание. Определите фокусное расстояние, радиус кривизны и показатель преломления линзы.

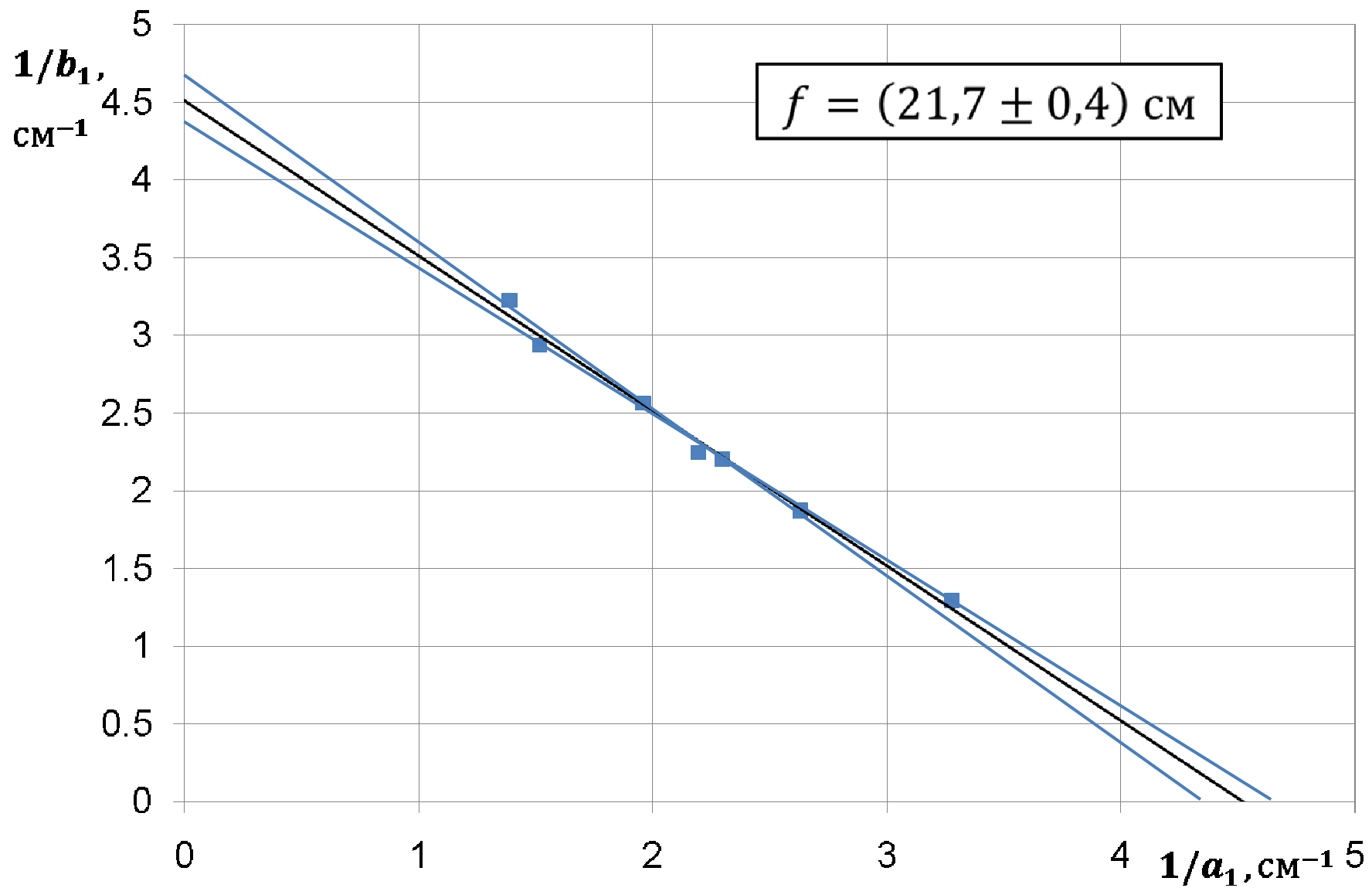
Оборудование. измерительная лента, светодиод с батареей, симметричная двояковыпуклая линза, 2 зубочистки, пластилин.

Выполнение задачи



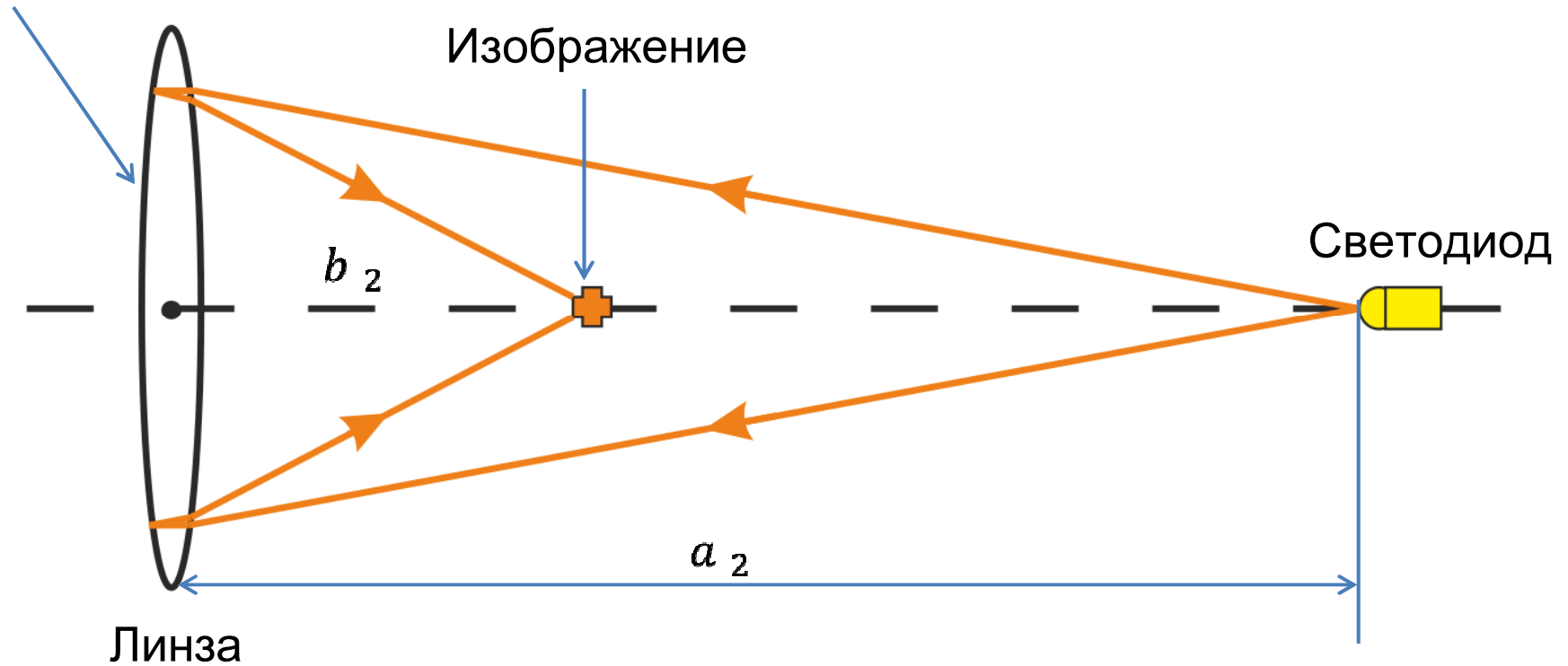
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1}$$

Выполнение задачи



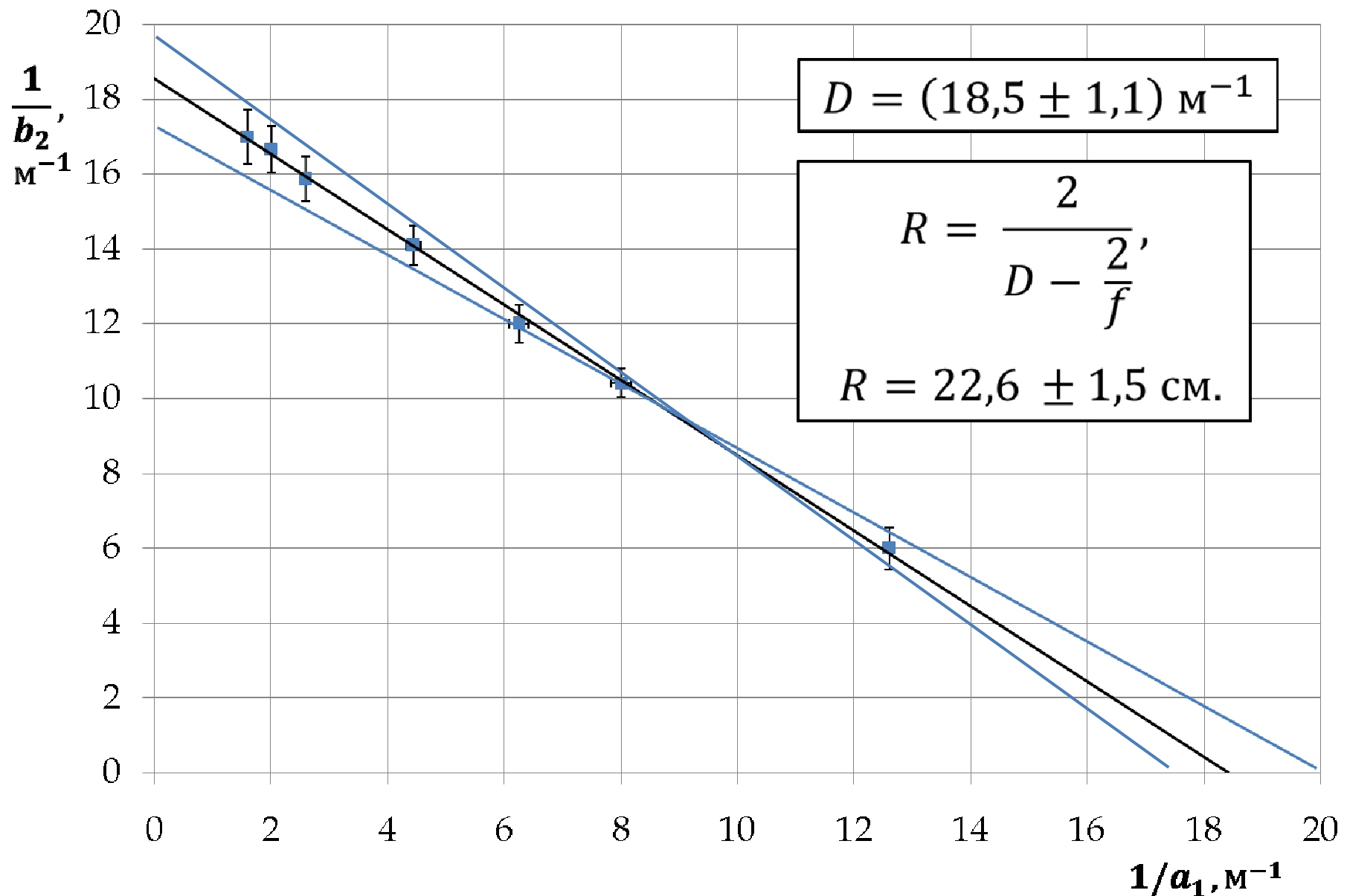
Выполнение задачи

Сферическое зеркало



$$D = \frac{1}{f} + \frac{2}{R} + \frac{1}{f} = \frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2}$$

Выполнение задачи



Выполнение задачи

Фокусное расстояние f линзы связано с радиусами R_1 и R_2 кривизны ее поверхностей:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

$$R_1 = R_2 = R,$$

$$n = 1 + \frac{R}{2f},$$

$$n = 1,54 \pm 0,04.$$

Литература: олимпиадные задачи.

- **Слободянюк А.И. «Физическая олимпиада: экспериментальный тур».**
- **Варламов С.Д., Зильберман А.Р., Зинковский В.И. «Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах».**
- **Власов А.И. Учевадов А.В. «Физический практикум».**
- **Козел С.М., Слободянин В.П. «Всероссийские олимпиады по физике 1992 – 2003».**
- **Слободецкий И.Ш., Орлов В.А. «Всесоюзные олимпиады по физике».**
- **Кабардин О.Ф., Орлов В.А. «Международные физические олимпиады школьников».**

Литература: обработка результатов эксперимента.

- **Митин И.В., Русаков В.С. «Анализ и обработка экспериментальных данных».**
- **Ананьева Н.Г. «Графическое оформление результатов эксперимента».**

Источники в интернете

- <http://http://4ipho.ru/> (сайт подготовки национальных команд России к Международной олимпиаде по физике IPhO и Международной естественнонаучной олимпиаде юниоров IJSO).
- <http://www.physolymp.ru/p/> (архив задач Всероссийской олимпиады по физике).
- <http://www.olphys.org> (сайт «Олимпиадная физика и астрономия» - информация о кружках подготовки школьников к олимпиадам по физике).

Спасибо за внимание!