

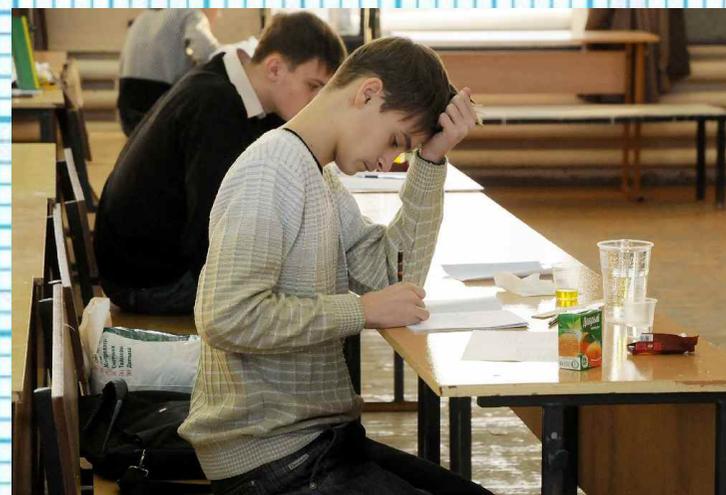
# ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ШКОЛЬНИКОВ К ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ТУРАМ ОЛИМПИАД ПО ФИЗИКЕ



**Докладчик – Тихонов Павел Сергеевич**

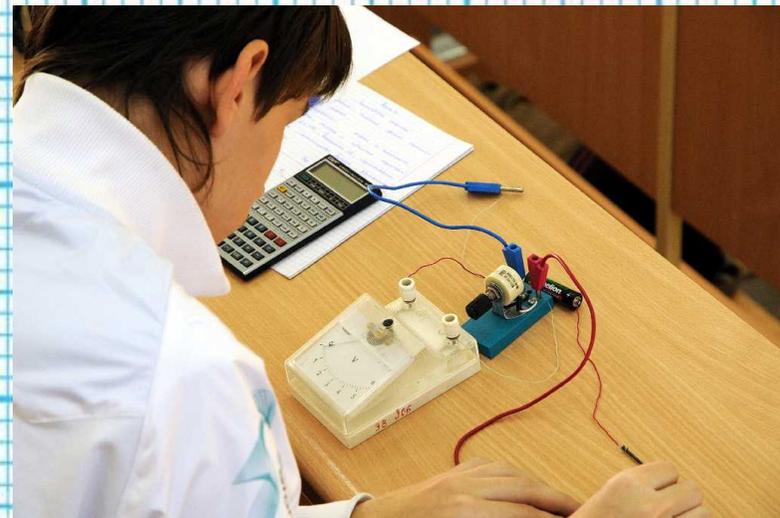
# Особенности экспериментальных олимпиадных задач

- 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.



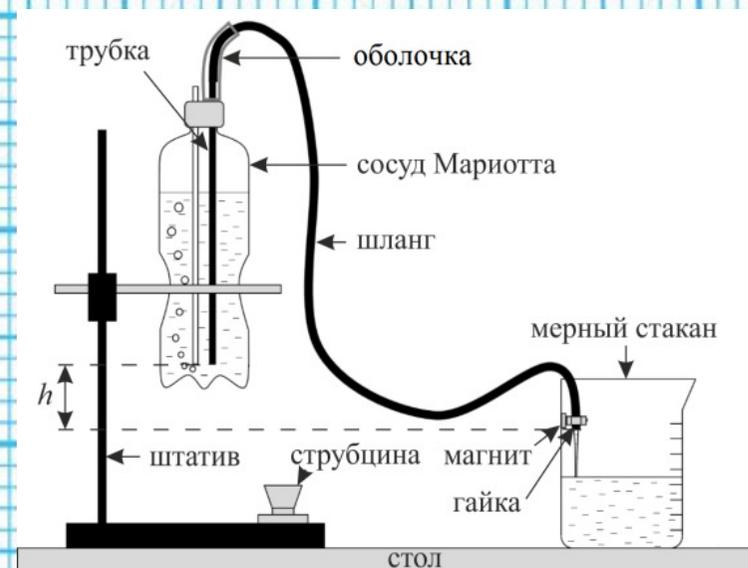
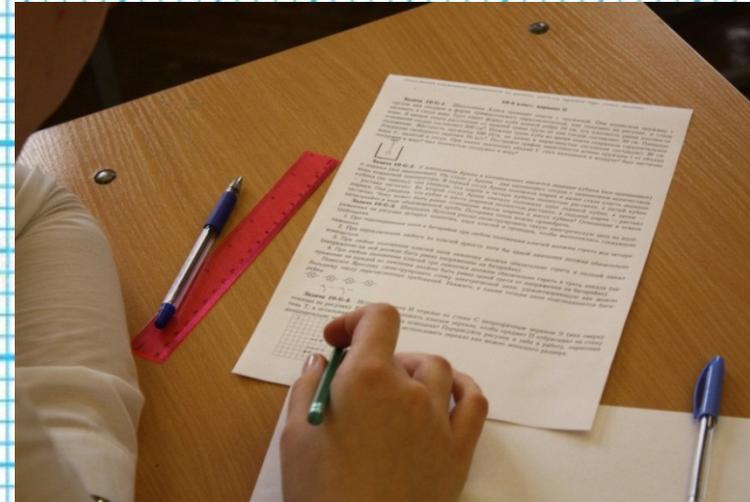
# Основные этапы выполнения задачи

- 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!

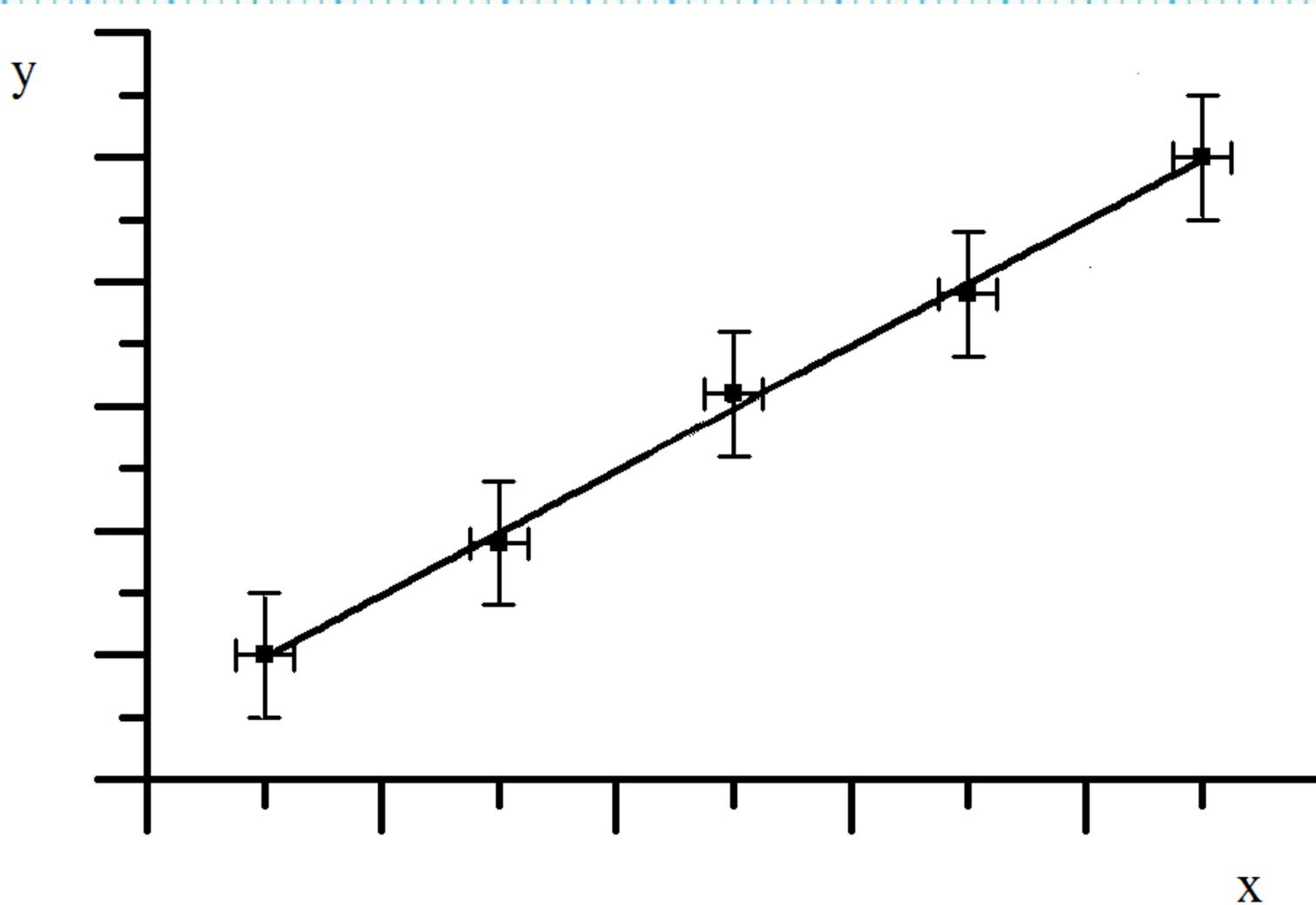
# Быстрая оценка погрешностей: среднее значение

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

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

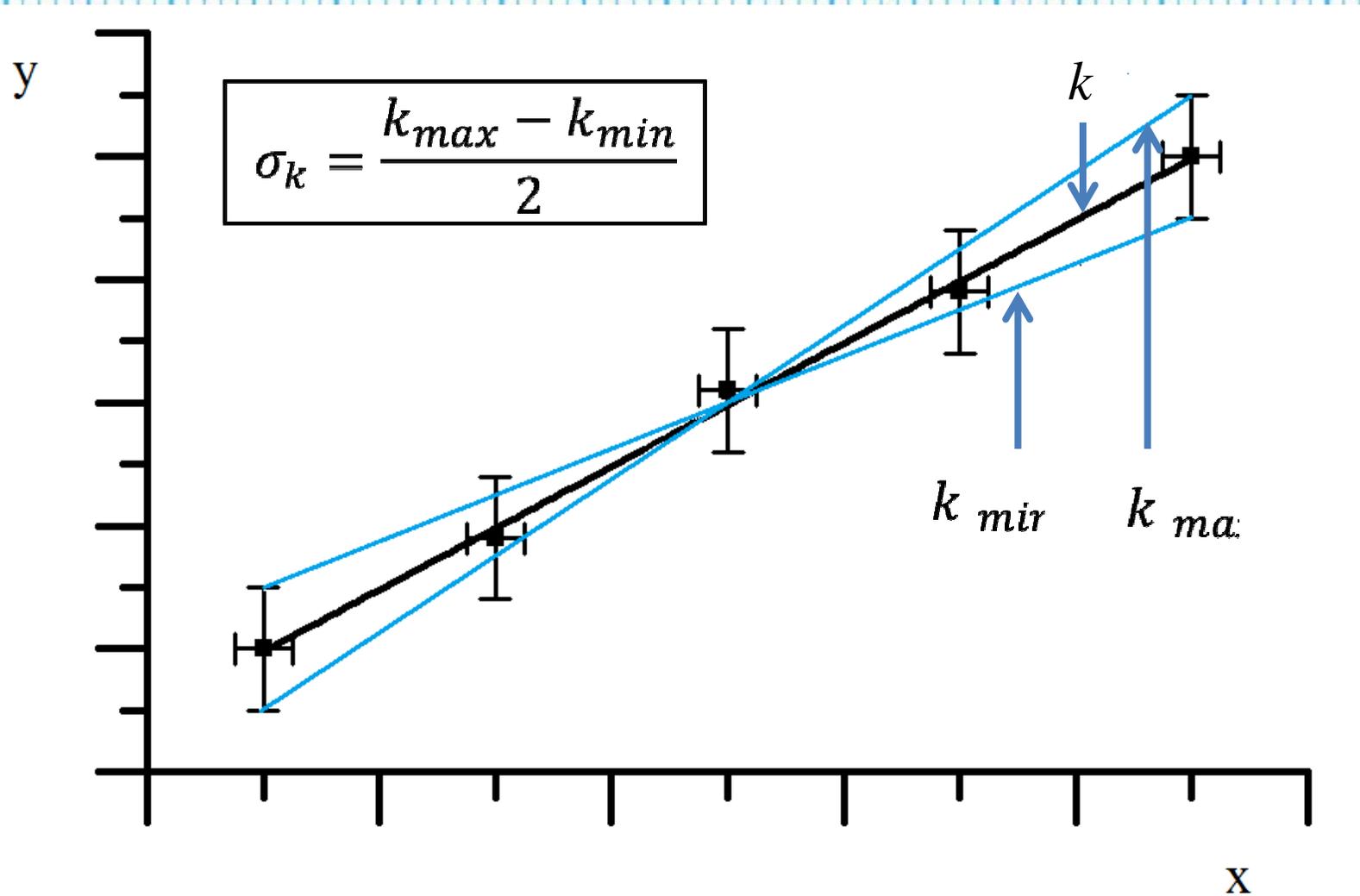
# Быстрая оценка погрешностей

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



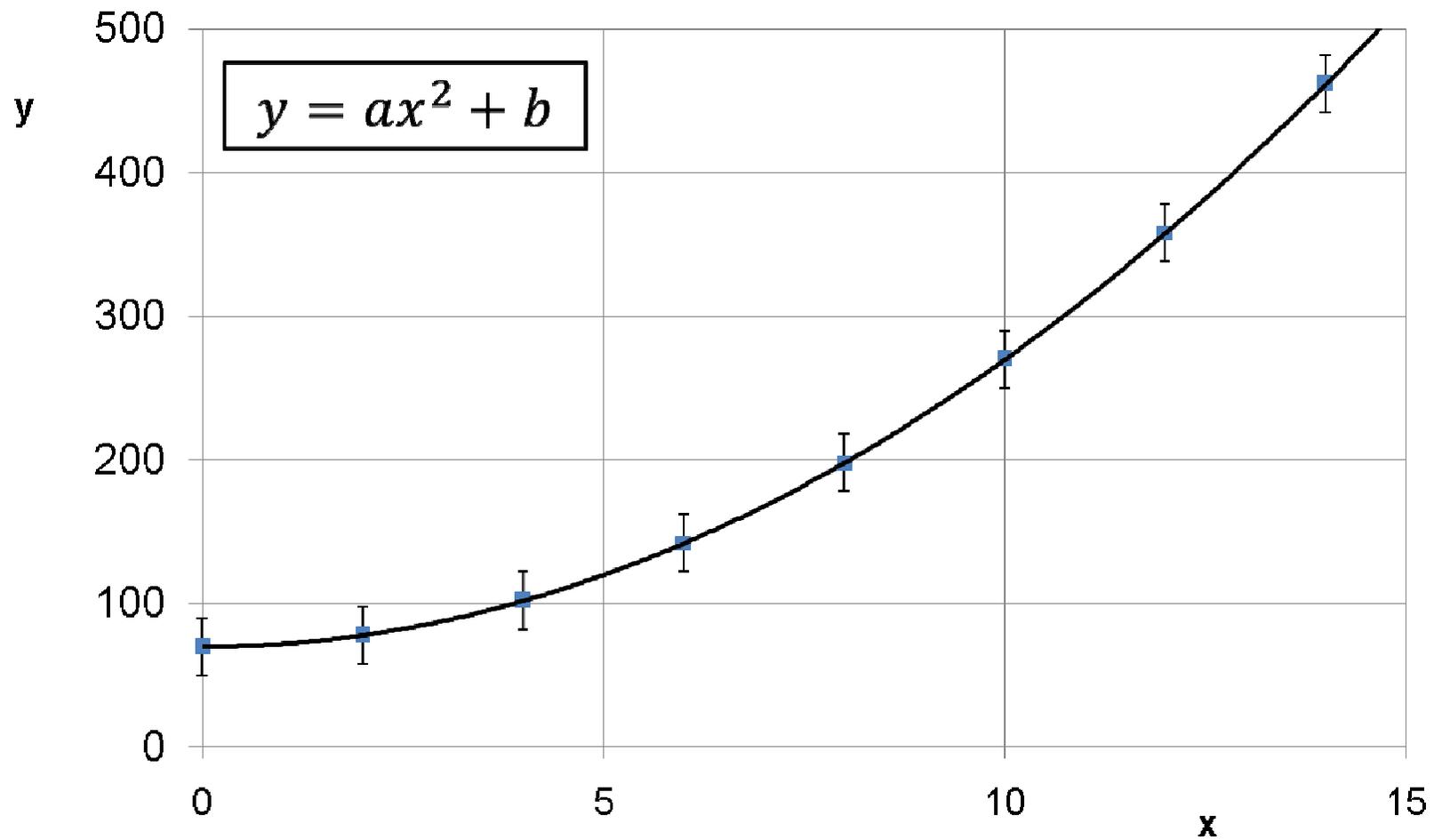
# Быстрая оценка погрешностей

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



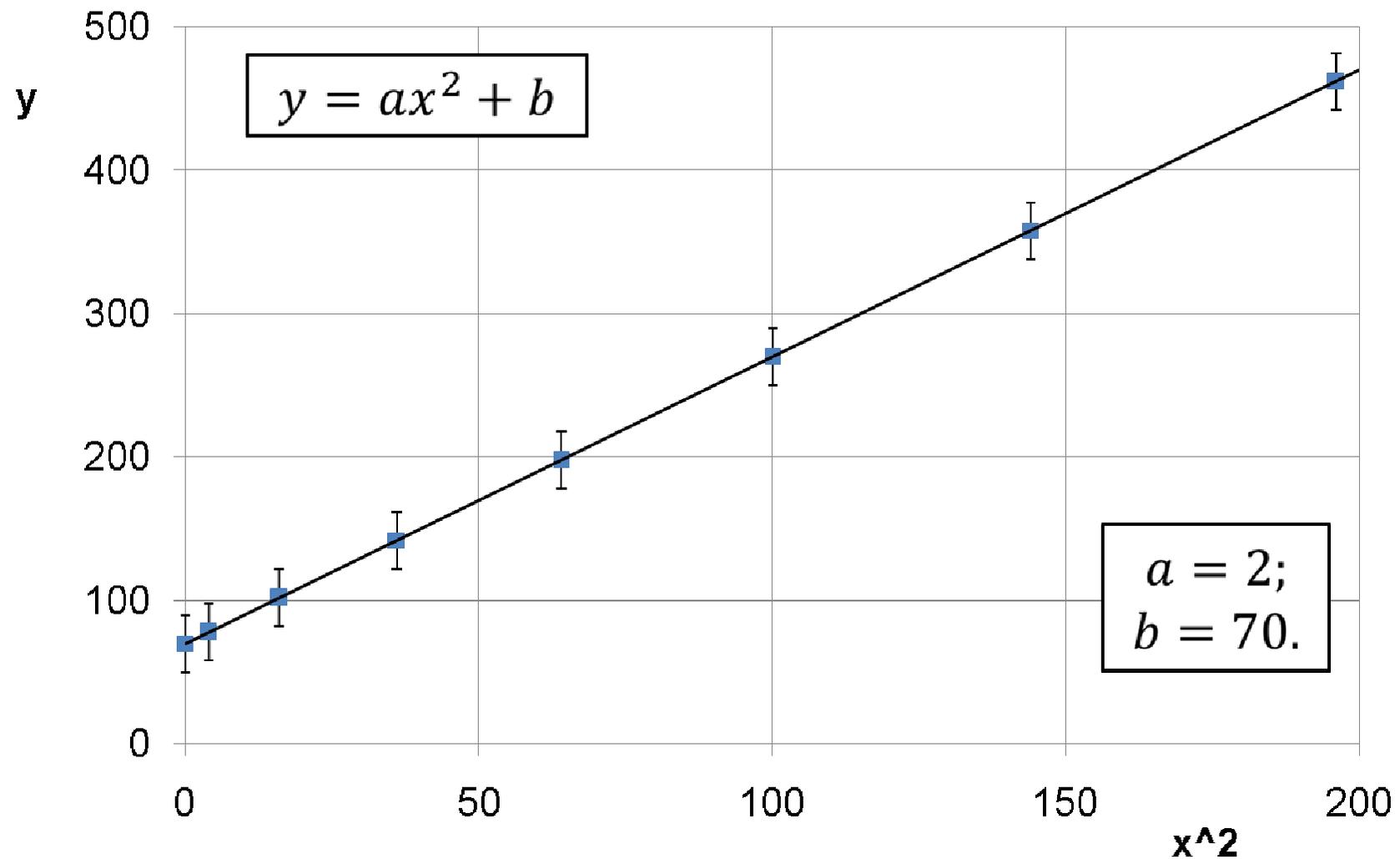
# Линеаризация

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



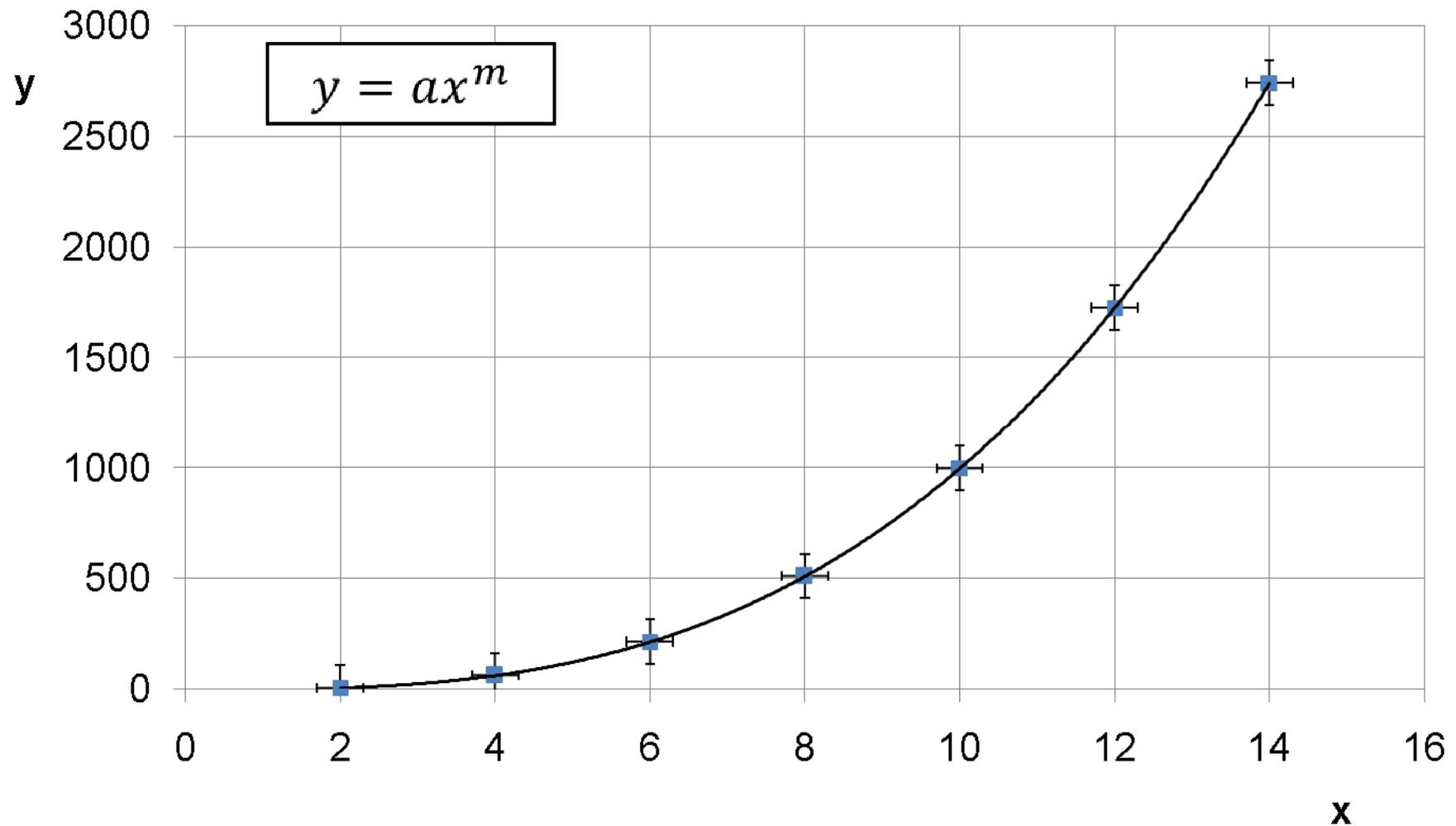
# Линеаризация

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



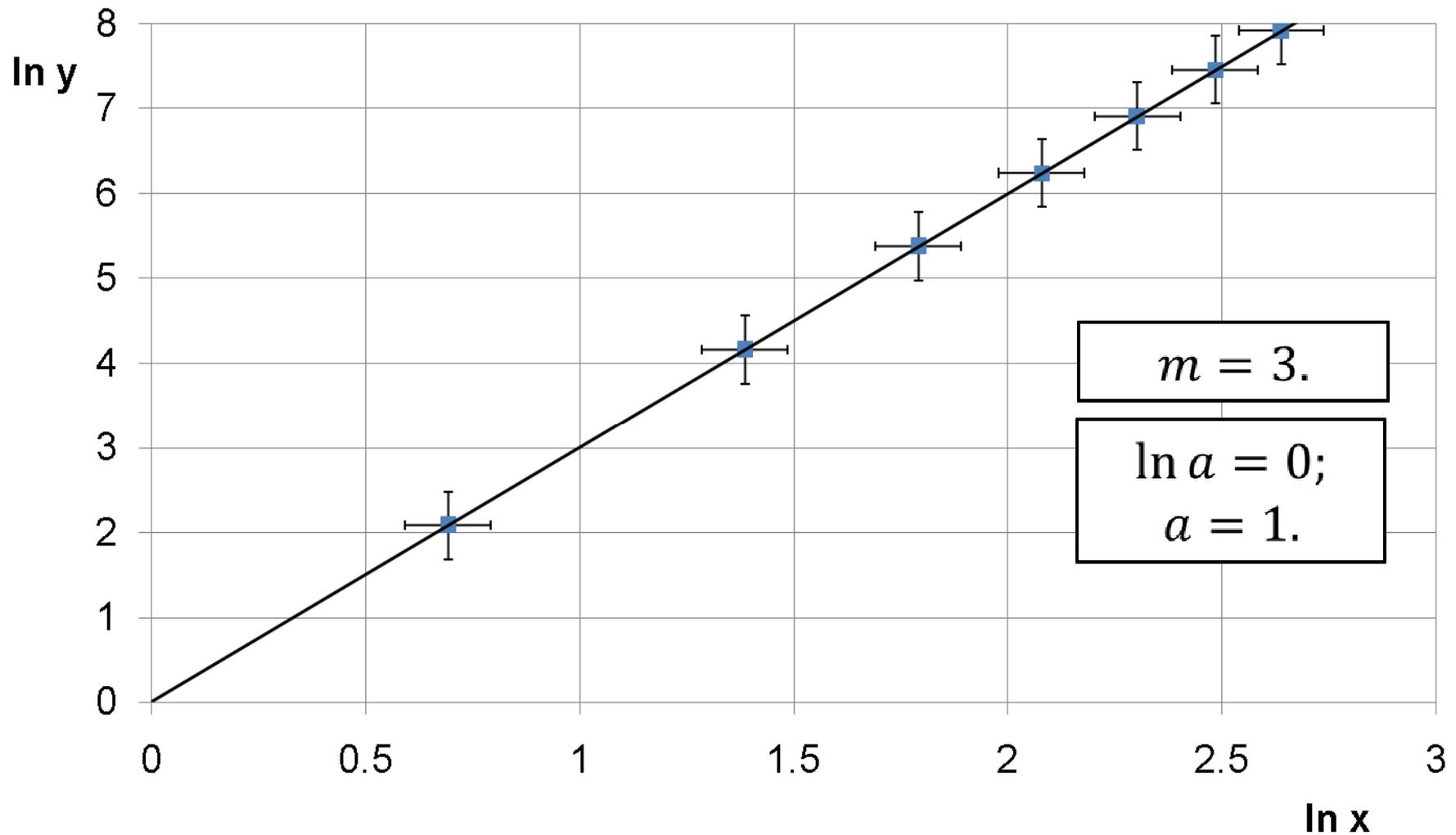
# Линеаризация

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



# Линеаризация

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



# Пример экспериментальной задачи

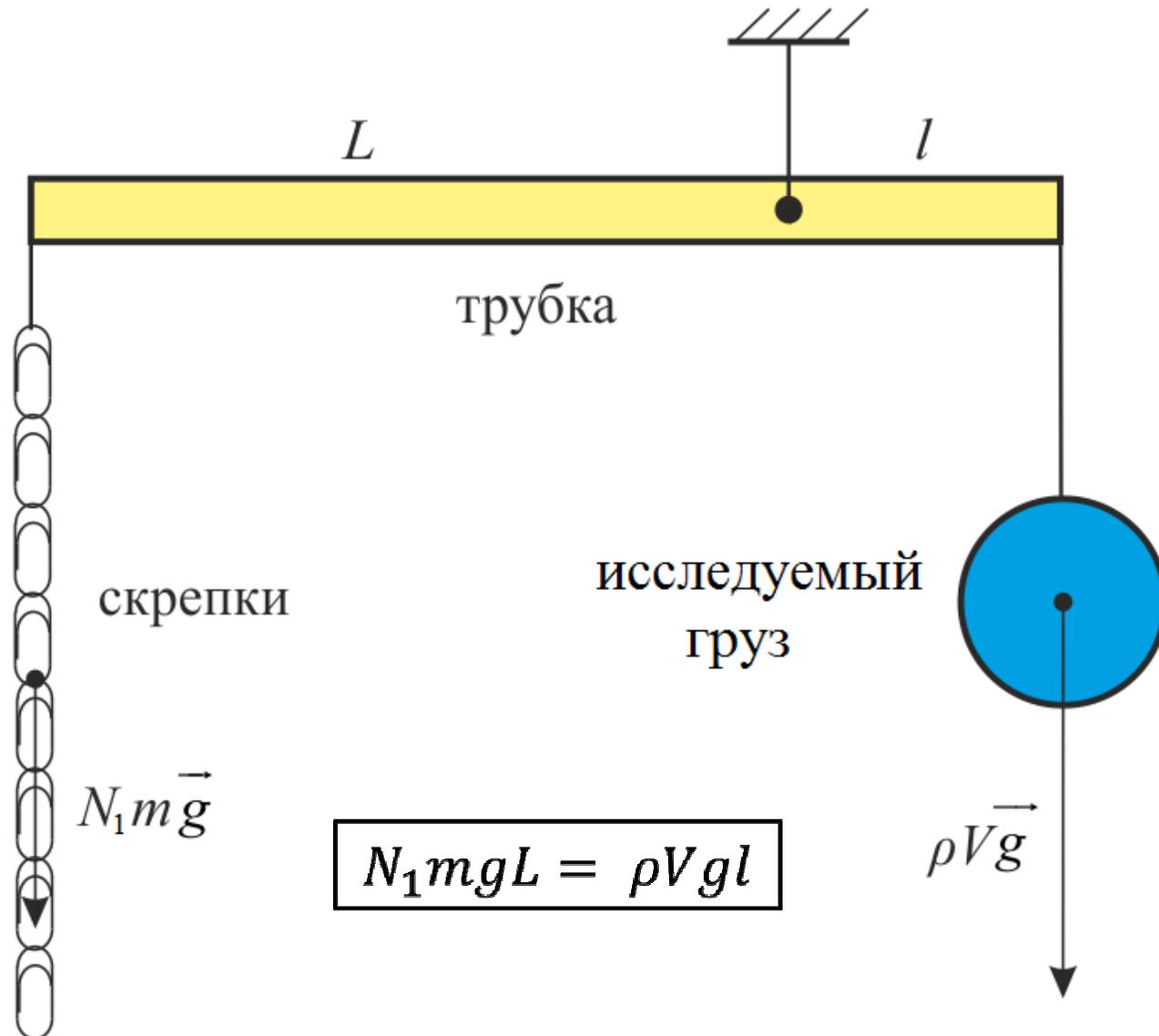
Задание. Определите плотность груза.

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

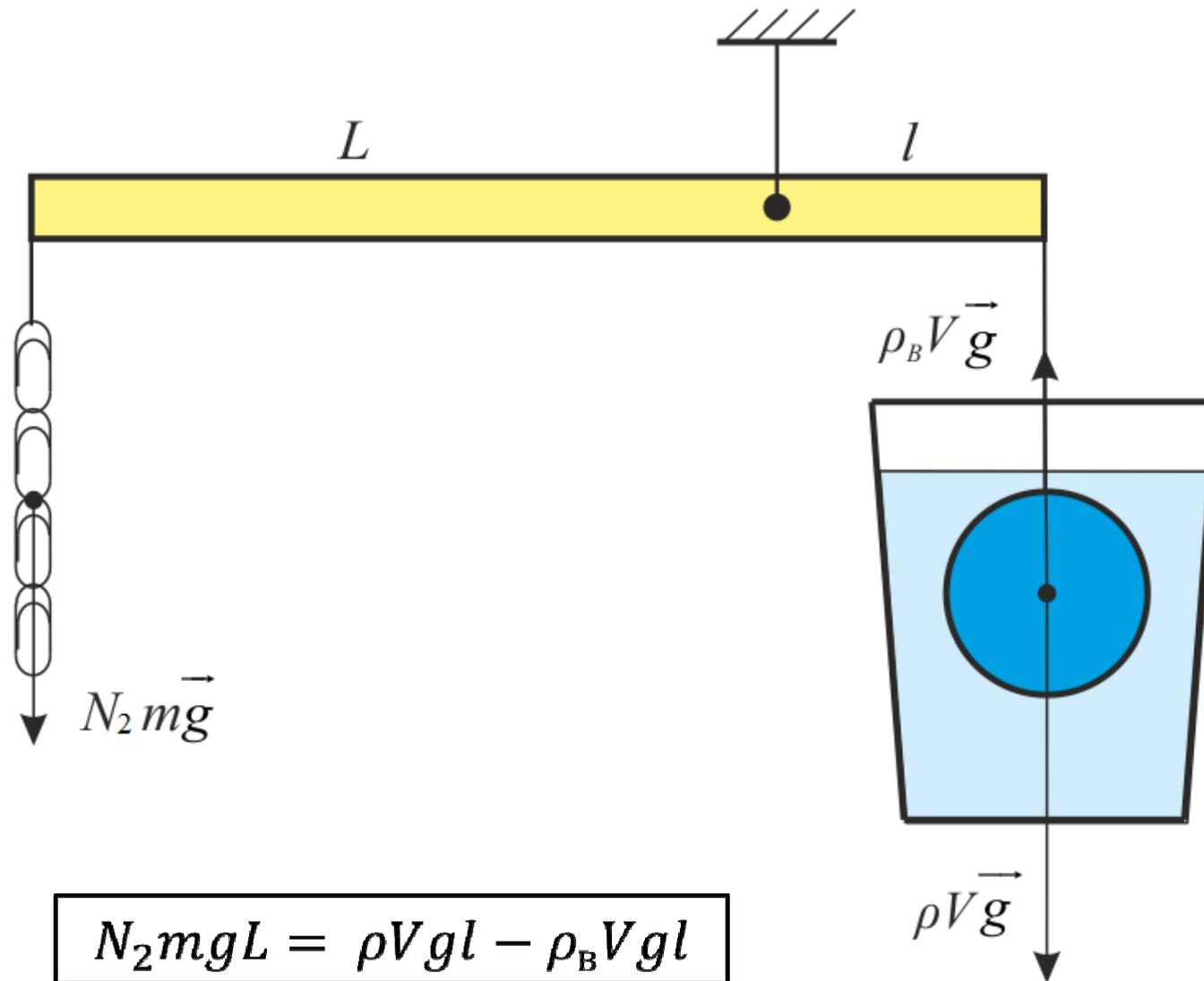
Плотность воды:  $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$ .

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

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

$$N_1 = 50 \pm 1,$$

$$N_2 = 16 \pm 1.$$

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

## Пример экспериментальной задачи

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

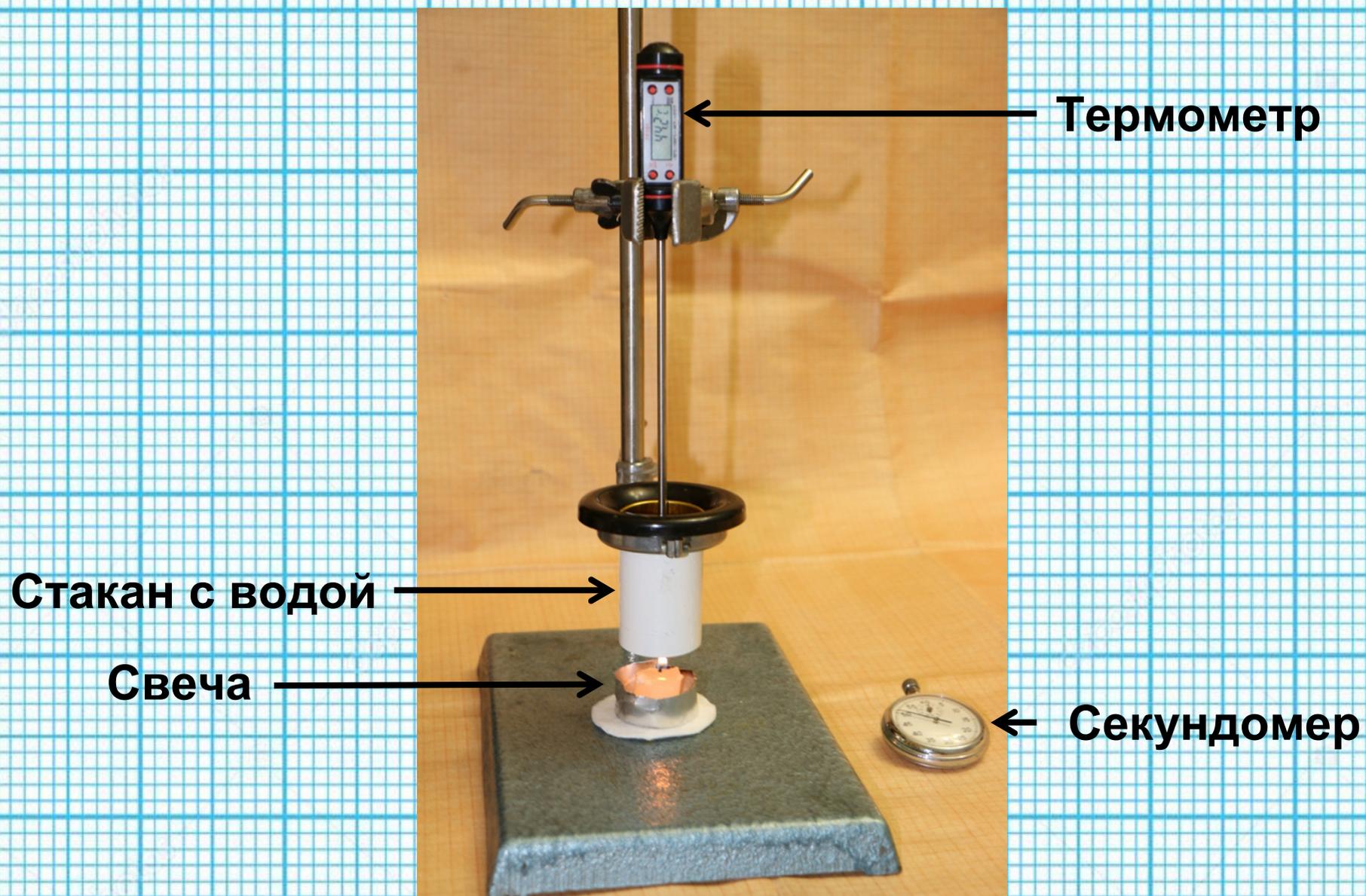
Удельная теплоёмкость алюминия  $c = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ .

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

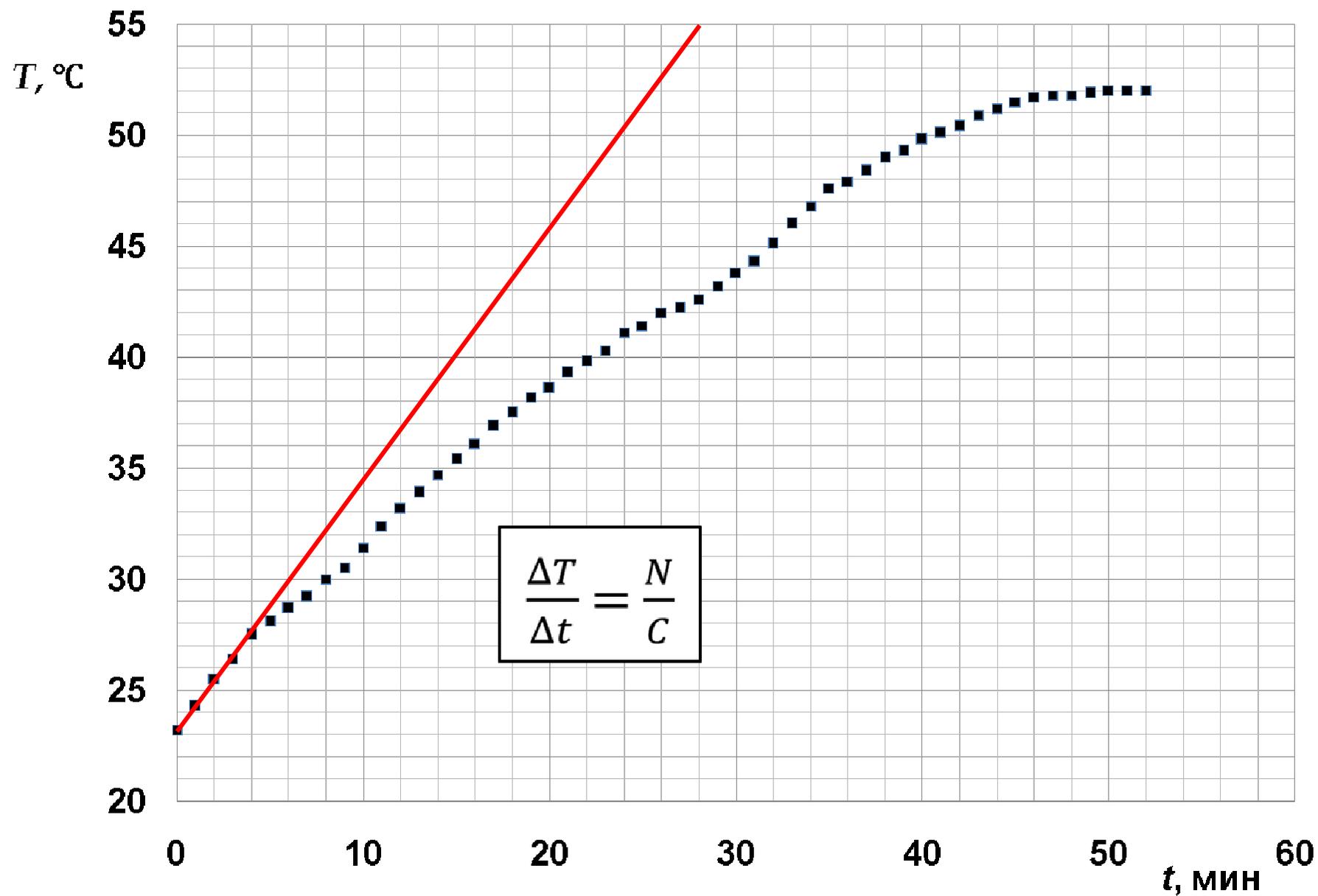
Запишем уравнение теплового баланса:

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

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

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

# График зависимости $T(t)$



# Выполнение задачи

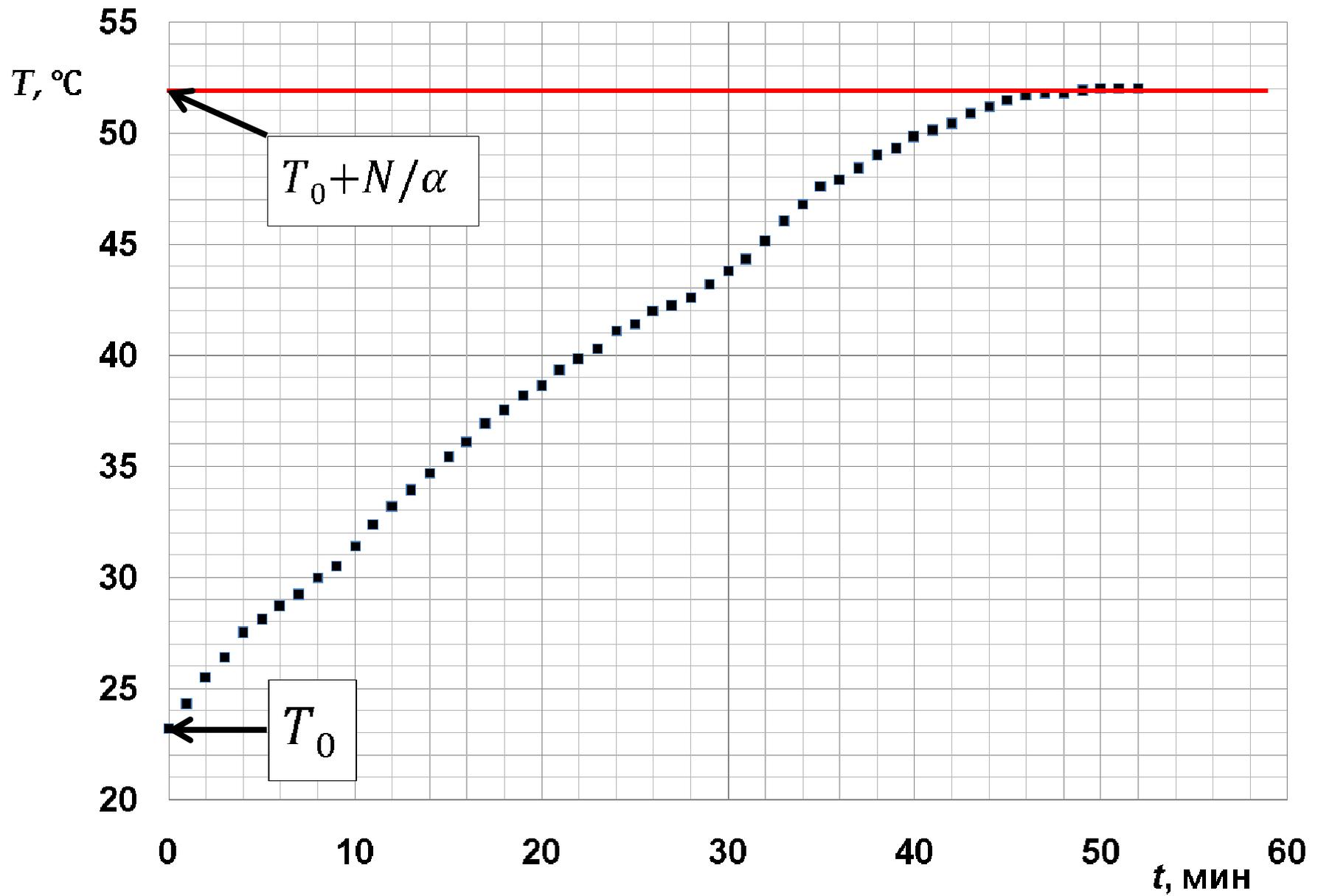
Решение уравнения теплового баланса:

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

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  $\eta$ :

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



# 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

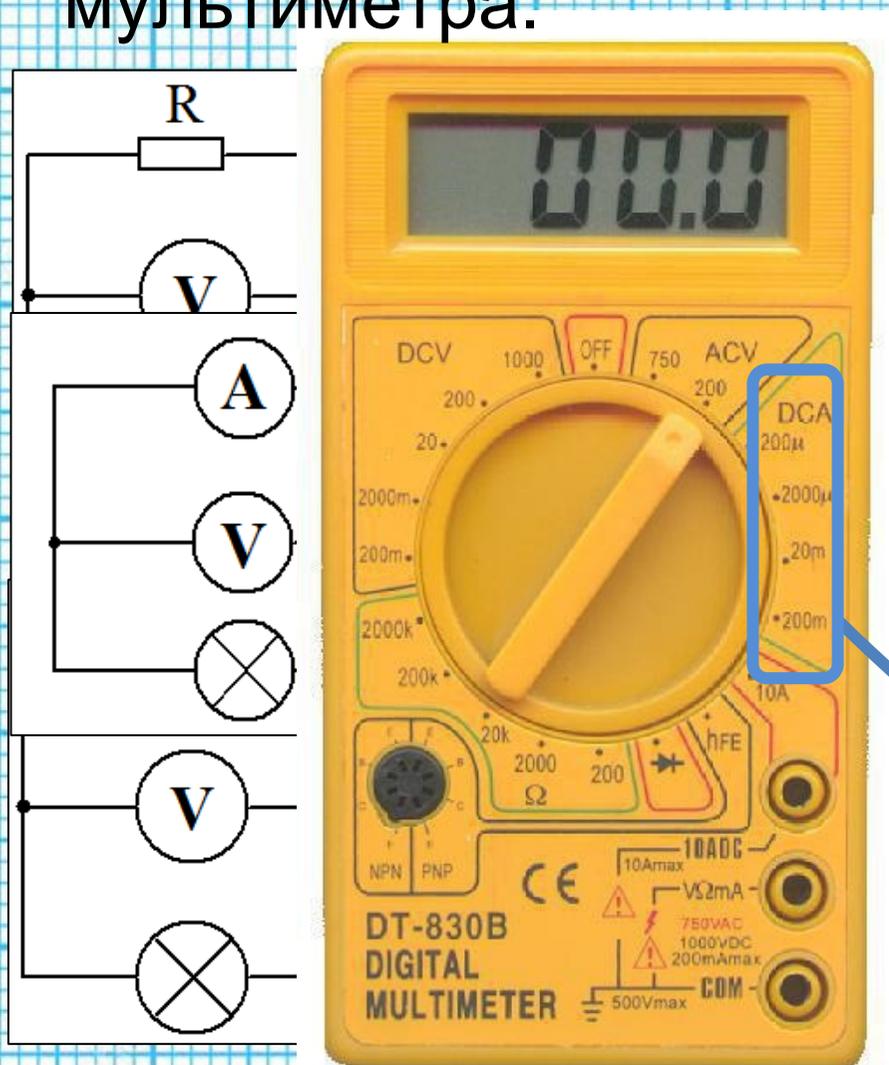
## Пример экспериментальной задачи

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

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

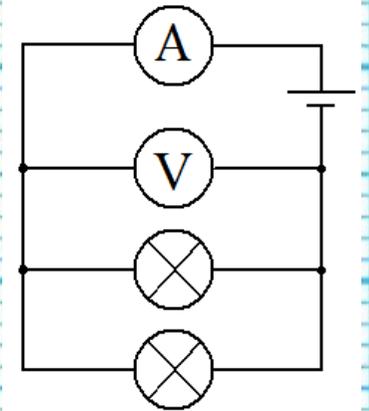
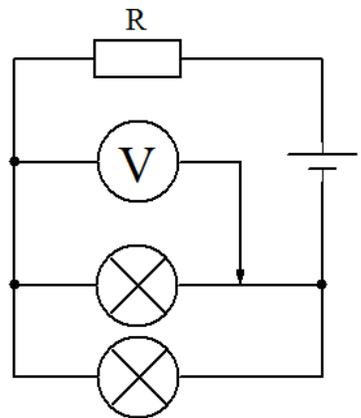
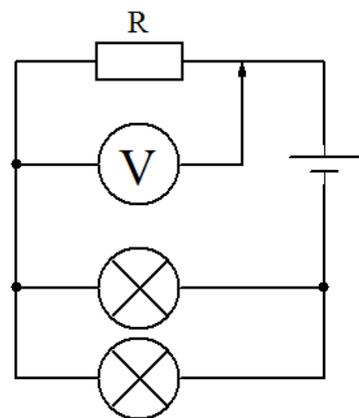
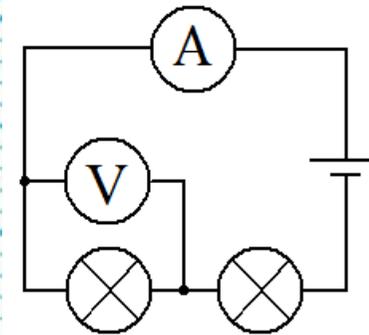
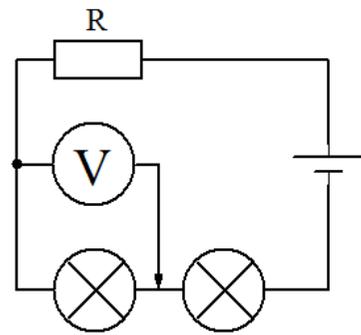
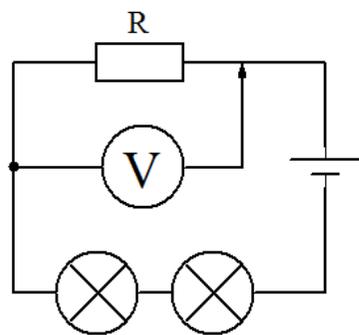
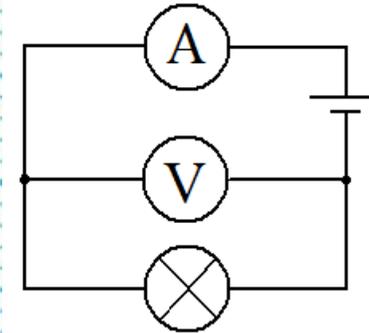
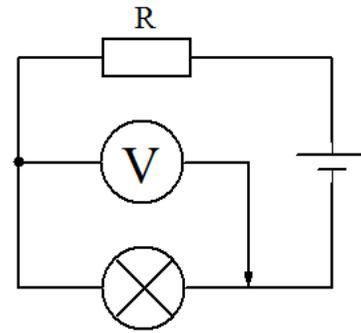
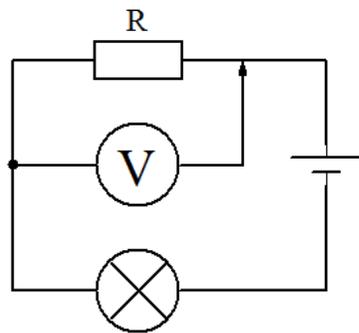
# Выполнение задачи

Измерим внутреннее сопротивление мультиметра.



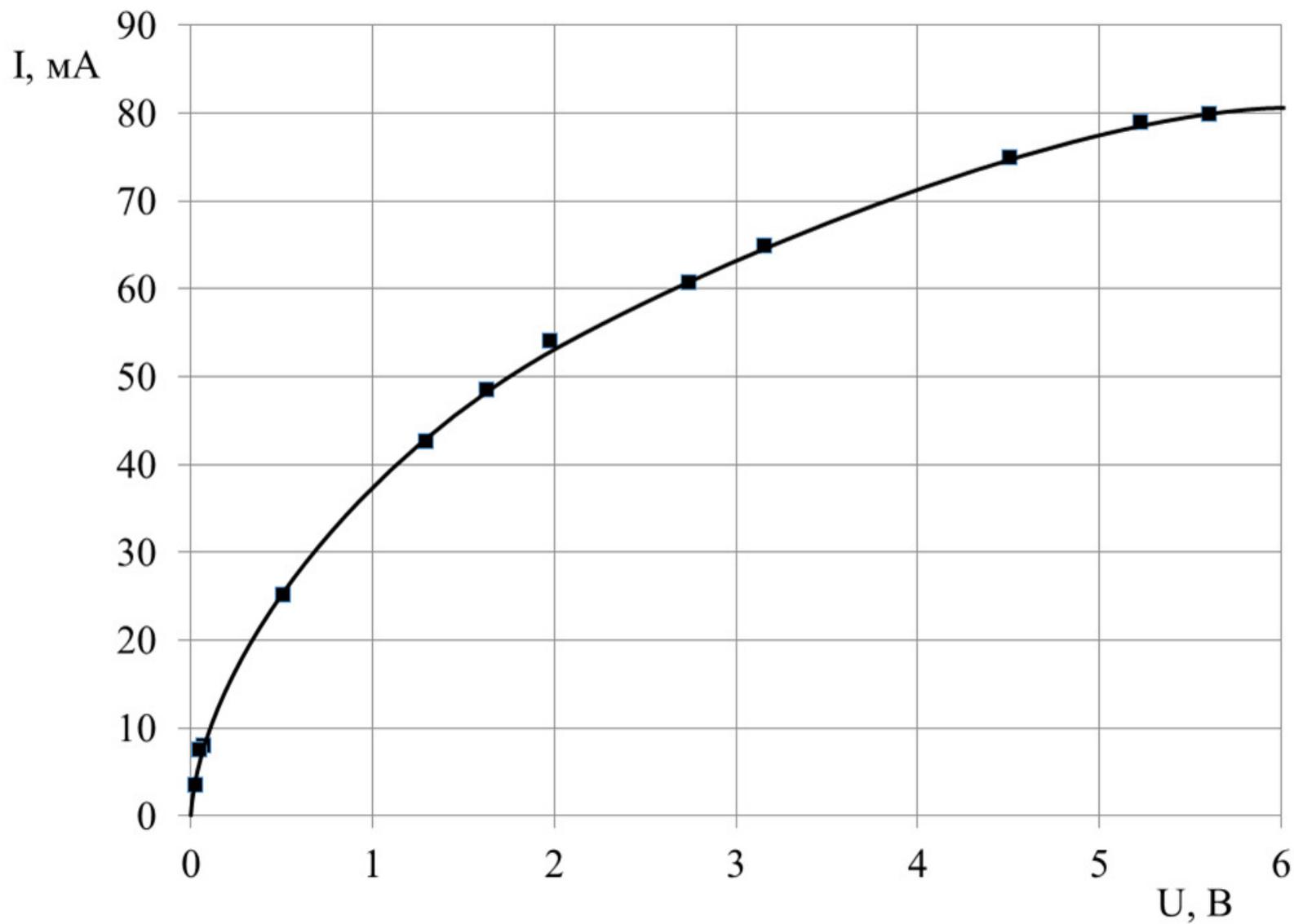
Диапазон	$R, \text{ Ом}$	$\sigma_R, \text{ Ом}$
200 мкА	1000	1
2 мА	100	1
20 мА	11,0	0,1
200 мА	5,0	0,1
10 А	1,0	0,1

# Схемы подключения



# Результат эксперимента

Вольт-амперная характеристика лампы накаливания

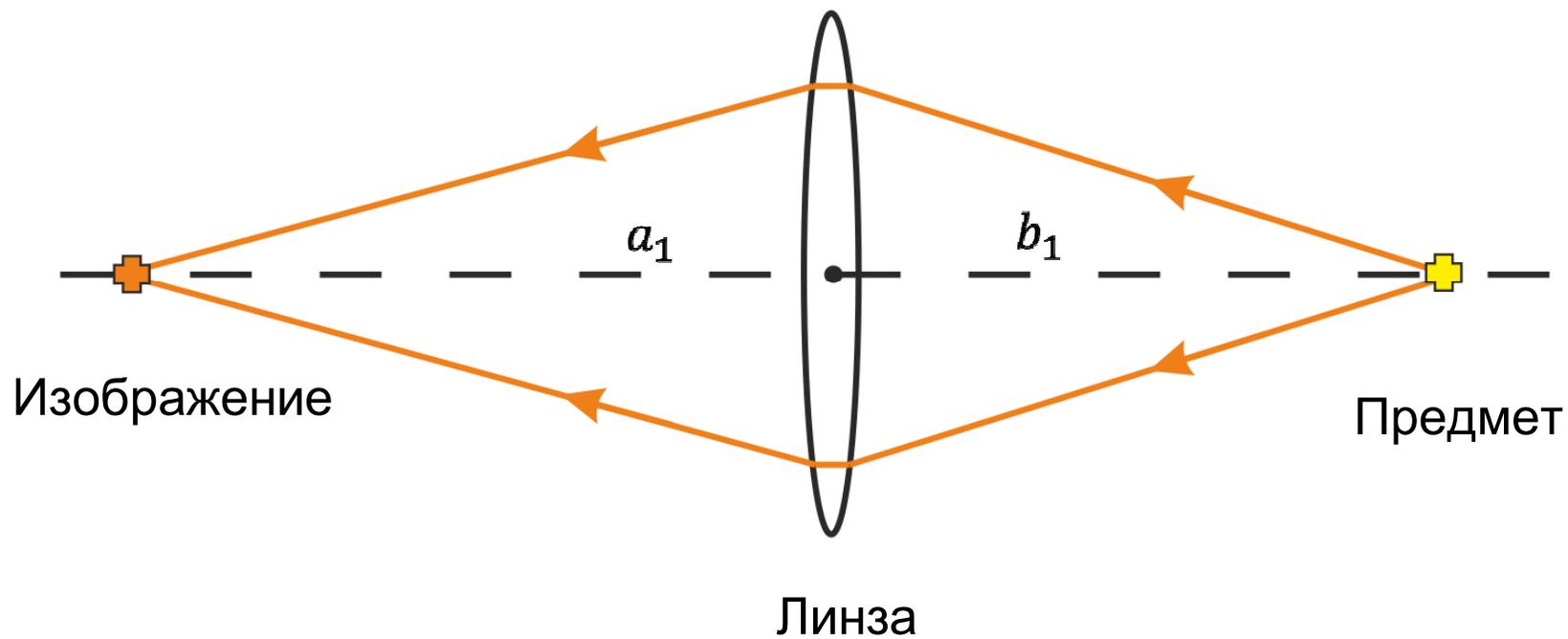


## Пример экспериментальной задачи

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

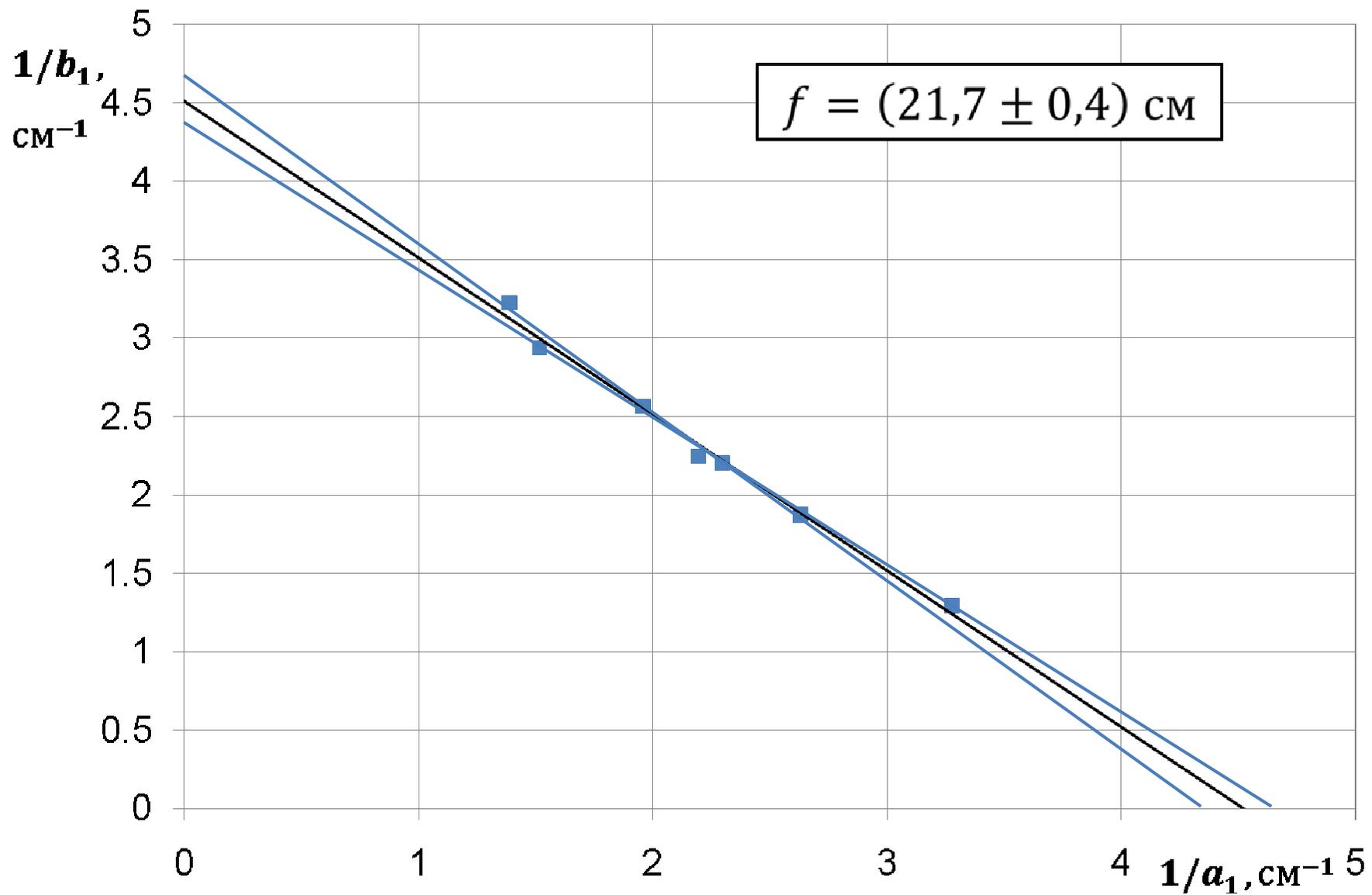
Оборудование. измерительная лента, светодиод с батареей, симметричная двояковыпуклая линза, 2 зубочистки, пластилин.

# Выполнение задачи



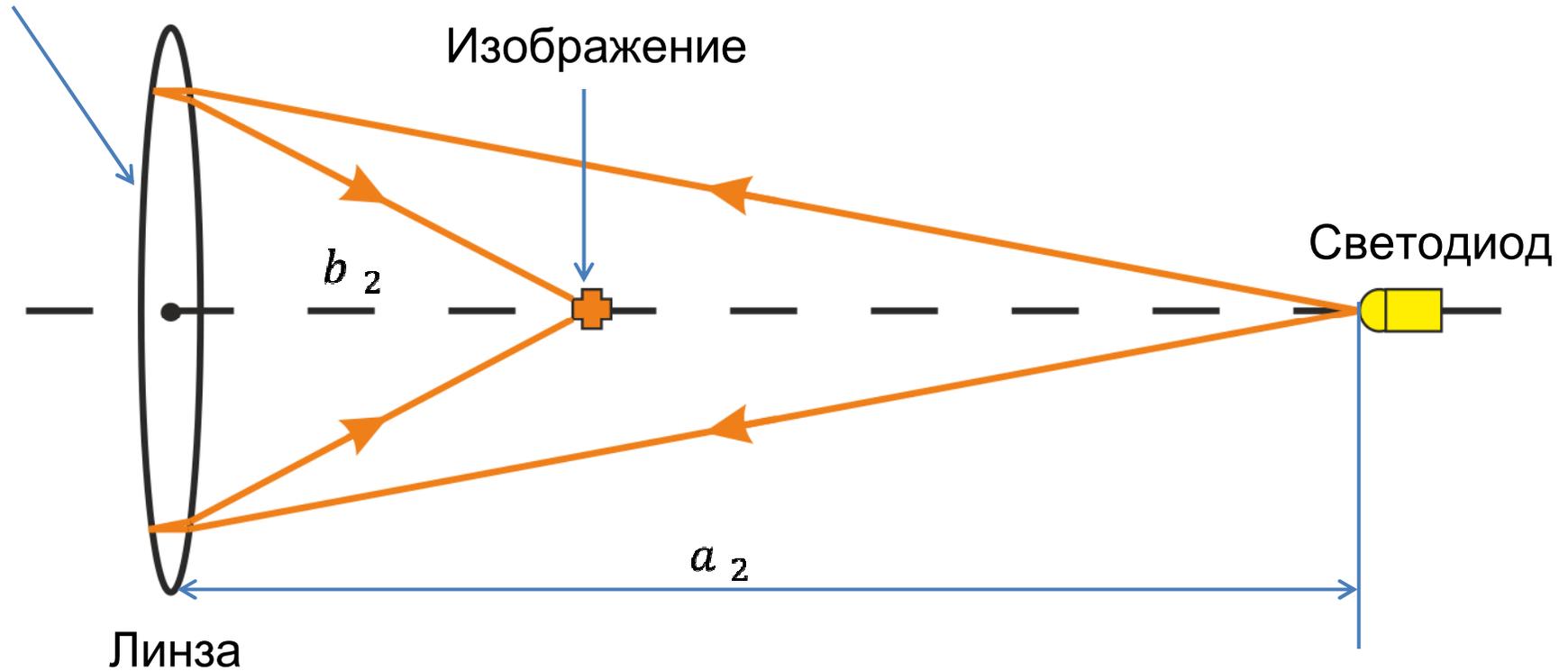
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1}$$

# Выполнение задачи



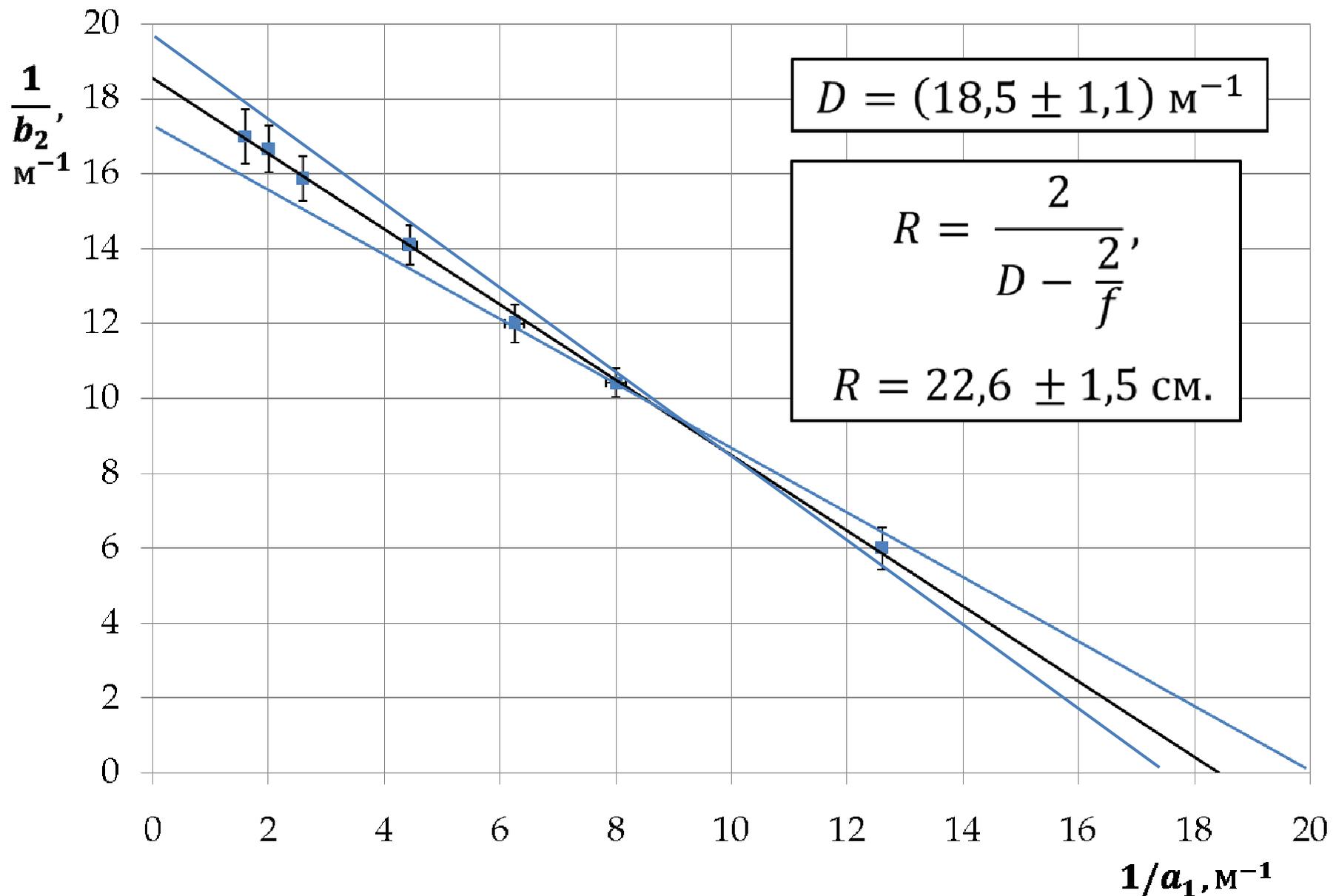
# Выполнение задачи

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!**