ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 7-9 КЛАССАХ

Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова,
А. В. Кошкина, И. Н. Корнильев

ИЗДАТЕЛЬСТВО
БИНОМ

Планируемые результаты освоения обучающимися основной образовательной программы основного общего образования

Предметные результаты

Выпускник научится:

- проводить прямые измерения физических величин: время, расстояние, масса тела, объем, сила, температура, атмосферное давление, влажность воздуха, напряжение, сила тока, радиационный фон (с использованием дозиметра); при этом выбирать оптимальный способ измерения и использовать простейшие методы оценки погрешностей измерений.

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

1. Все средства измерения имеют погрешность, которая указана на них или в сопроводительных документах.

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

КЛИНСКОЕ П/О «Термоприбор»

ПАСПОРТ

43 21210210 06

Термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-2 1-Б 1-5 предназначен для измерения температуры от минус 30 до 360°С.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Номер термометра	Диапазон измерений, °С		Цена деления шкалы, °С
	от	до	
1	—30	70	1
2	0	100	
3	0	150	
4	0	250	
5	0	360	

Пределы допускаемых погрешностей, °С

Диапазон измеряемых температур	от —30 до 100	св. 100 до 200	св. 200 до 300	св. 300 до 400
Допускаемая погрешность	±1	±2	±3	±4

Для учителя

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

1. Все средства измерения имеют погрешность, которая указана на них или в сопроводительных документах.
Если погрешность прибора не указана, то её считают равной цене деления.

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

1. Все средства измерения имеют погрешность, которая указана на них или в сопроводительных документах.
Если погрешность прибора не указана, то её считают равной цене деления.
2. Погрешность измерения равна <u>сумме всех погрешностей</u>, влияющих на результат измерения: $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \ldots$

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Погрешность прямого измерения равна сумме погрешности прибора и погрешности отсчёта:

$$\Delta_{\text{прямого измерения}} = \sqrt{\Delta^2_{\text{прибора}} + \Delta^2_{\text{отсчёта}}}.$$

Для учителя

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Погрешность прямого измерения равна сумме погрешности прибора и погрешности отсчёта:

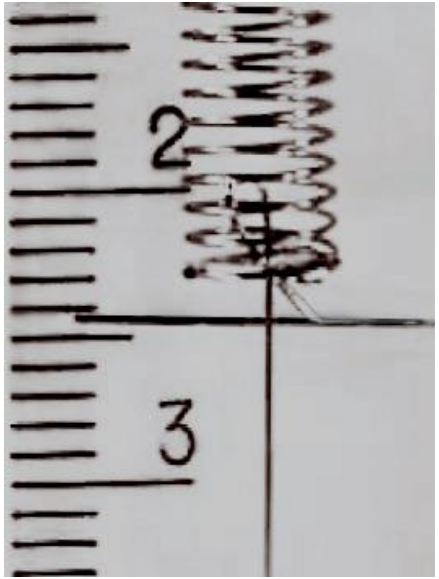
$$\Delta_{\text{прямого измерения}} = \sqrt{\Delta^2_{\text{прибора}} + \Delta^2_{\text{отсчёта}}}.$$

Для стрелочных приборов, а также для измерительных инструментов Δ отсчёта равна половине цены деления.

Для учителя

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела



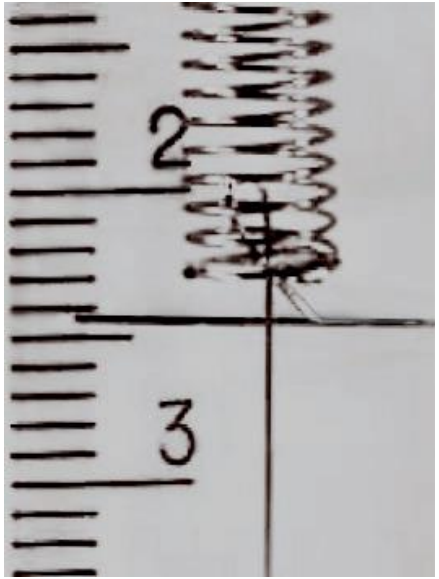
Погрешность прибора (динамометра)

Δприбора = 0,05 Н

Для учителя

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела



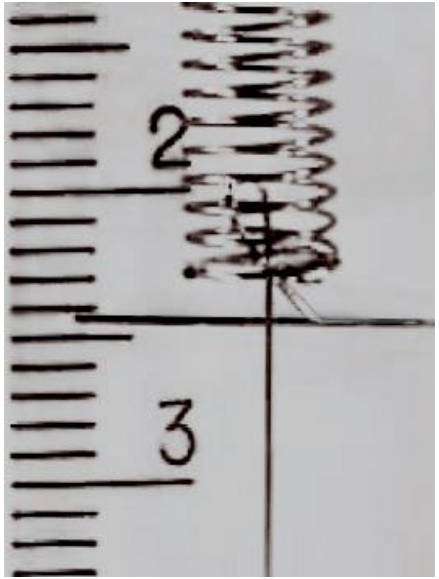
Погрешность прибора (динамометра)
Δприбора = 0,05 Н

Погрешность отсчёта
Δ отсчёта = 0,05 Н

Для учителя

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела



Погрешность прибора (динамометра)

Δприбора = 0,05 Н

Погрешность отсчёта

Δ отсчёта = 0,05 Н

Погрешность прямого измерения

$\Delta_{\text{прямого измерения}} = 0{,}07 \approx 0{,}1$ Н

Для учителя

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела

$$A = A_0 \pm \Delta A$$

A_0 — значение прямого измерения величины

ΔA— значение абсолютной погрешности

Погрешность прибора (динамометра)

Δприбора = 0,05 Н

Погрешность отсчёта

Δ отсчёта = 0,05 Н

Погрешность прямого измерения

$\Delta_{\text{прямого измерения}} = 0{,}07 \approx 0{,}1$ Н

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела

$$A = A_0 \pm \Delta A$$

A_0 — значение прямого измерения величины

ΔA— значение абсолютной погрешности

Погрешность прибора (динамометра)

Δприбора = 0,05 Н

Погрешность отсчёта

Δ отсчёта = 0,05 Н

Погрешность прямого измерения

$\Delta_{\text{прямого измерения}} = 0{,}07 \approx 0{,}1$ Н

$$P = (2,4 \pm 0,1)\,\text{Н}$$

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела

$$A = A_0 \pm \Delta A$$

A_0 — значение прямого измерения величины

ΔA— значение абсолютной погрешности

Погрешность прибора (динамометра)
Δприбора = 0,05 Н

Погрешность отсчёта
Δ отсчёта = 0,05 Н

Для учителя

Погрешность прямого измерения
$\Delta_{\text{прямого измерения}}$ = 0,1 Н

Сообщается ученику

$$P = (2,4 \pm 0,1)\,\text{Н}$$

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела

$$A = A_0 \pm \Delta A$$

A_0 — значение прямого измерения величины

ΔA— значение абсолютной погрешности

Погрешность прибора (динамометра)
Δприбора = 0,05 Н

Погрешность отсчёта
Δ отсчёта = 0,05 Н

Для учителя

Погрешность прямого измерения
$\Delta_{\text{прямого измерения}} = 0{,}1$ Н

Сообщается ученику

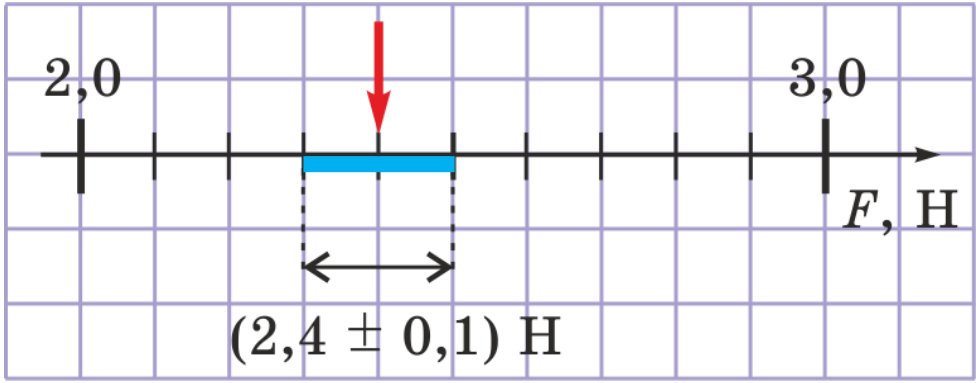
$$P = (2{,}4 \pm 0{,}1)\,\text{Н}$$

Значение A находится между $A_{min} = A_0 - \Delta A$ и $A_{max} = A_0 + \Delta A$

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

$$P = (2,4 \pm 0,1)\,\text{Н}$$

Результаты измерения с учетом погрешности откладываются на числовой оси



Погрешности средств измерения и прямых измерений

Прибор, инструмент. Цена деления	Погрешность средства измерения	Погрешность прямого измерения (сообщается ученику)
Линейка деревянная со знаком ГОСТ, цена деления 1 мм.	0,5 мм	Цена деления
Линейки деревянные и пластмассовые, не имеющие знака ГОСТ, цена деления 1 мм.	1 мм	1,5 мм
Измерительная лента (портновская), цена деления 5 мм.	5 мм	Цена деления
Измерительный цилиндр, цена деления 2 мл.	1 мл	Цена деления
Измерительный цилиндр, цена деления 1 мл.	0,5 мл	Цена деления
Динамометр, цена деления 0,1 Н.	0,05 Н	Цена деления

При проведении практических работ абсолютные погрешности всех прямых измерений вам будет сообщать учитель[1]. Вам надо будет только записать результаты прямых измерений с указанием абсолютной погрешности.

Например, результат измерения длины карандаша (рис. 2.1) с помощью линейки с миллиметровыми делениями можно записать с указанием абсолютной погрешности так:

$$l = (96 \pm 1) \text{ мм}.$$

Результат измерения с указанием абсолютной погрешности можно изобразить также на числовой оси, выбрав удобный масштаб (рис. 2.2).

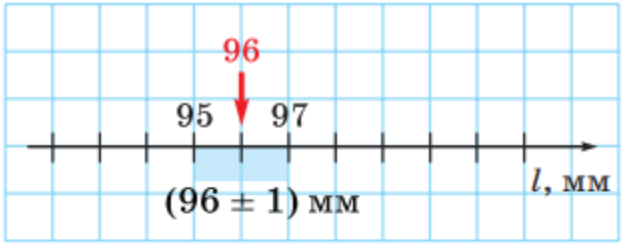


Рис. 2.2

17. Запишите результат измерения объёма жидкости с помощью измерительного цилиндра (рис. 2.1), приняв абсолютную погрешность прямого измерения равной цене деления шкалы цилиндра. Нанесите результат измерения на числовую ось.

2. Определение цены деления шкалы измерительного прибора. Конструирование измерительного прибора

Цель работы: научиться определять цену деления измерительного прибора или измерительного инструмента.

Оборудование: линейка, измерительный цилиндр, термометр, сантиметровая лента, одноразовый шприц без иглы, пустой прозрачный сосуд с плоским дном[1)] и приклеенным к его стенке листом бумаги, сосуд с водой.

Ход работы

Задание 1. Определение цены деления измерительного прибора.

- Запишите в тетради, чему равна цена деления каждого из предложенных вам измерительных приборов и измерительных инструментов.

Физический прибор					
Название физического прибора					
Физическая величина					
Единица физической величины в СИ					

Задание 1. Внимательно рассмотрите предложенные вам измерительные приборы и заполните таблицу.

Физический прибор	**Измеряемая физическая величина**	**Единица физической величины**	**Цена деления шкалы прибора**	**Верхний предел измерения**	**Абсолютная погрешность измерения (примите её равной цене деления прибора)**
Измерительный цилиндр					
Линейка					
Сантиметровая лента					
Термометр					

Задание 2. Измерьте с помощью измерительного цилиндра объём воды, помещающейся в медицинский пузырёк.

а) Запишите результат измерения объёма жидкости с помощью измерительного цилиндра, приняв абсолютную погрешность прямого измерения равной цене деления шкалы цилиндра.

Задание 2. Измерьте с помощью измерительного цилиндра объём воды, помещающейся в медицинский пузырёк.

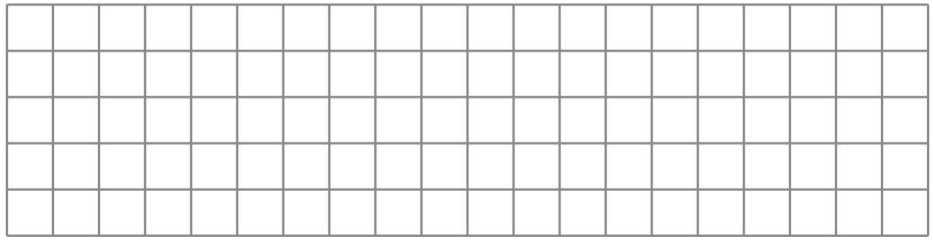
а) Запишите результат измерения объёма жидкости с помощью измерительного цилиндра, приняв абсолютную погрешность прямого измерения равной цене деления шкалы цилиндра.

Прибор, инструмент. Цена деления	Погрешность средства измерения	Погрешность прямого измерения (сообщается ученику)
Измерительный цилиндр, цена деления 2 мл.	1 мл	Цена деления
Измерительный цилиндр, цена деления 1 мл.	0,5 мл	Цена деления

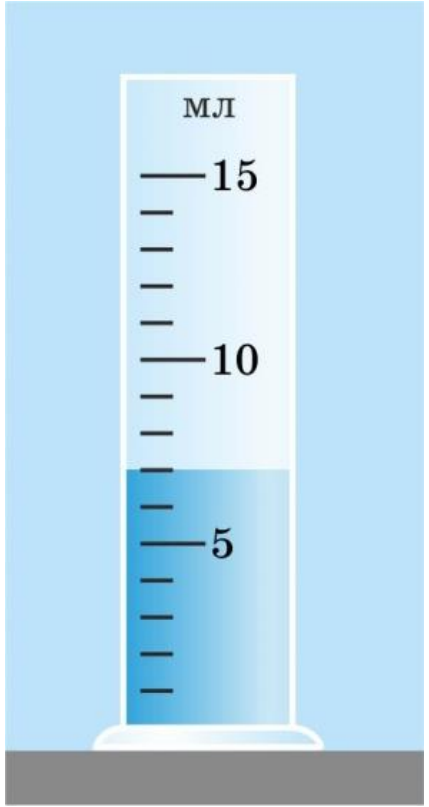
Задание 2. Измерьте с помощью измерительного цилиндра объём воды, помещающейся в медицинский пузырёк.

а) Запишите результат измерения объёма жидкости с помощью измерительного цилиндра, приняв абсолютную погрешность прямого измерения равной цене деления шкалы цилиндра.

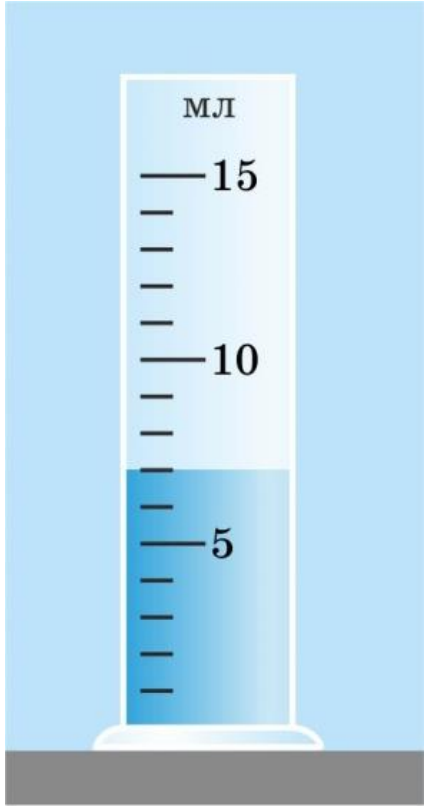
б) Нанесите результат измерения объёма жидкости на числовую ось.



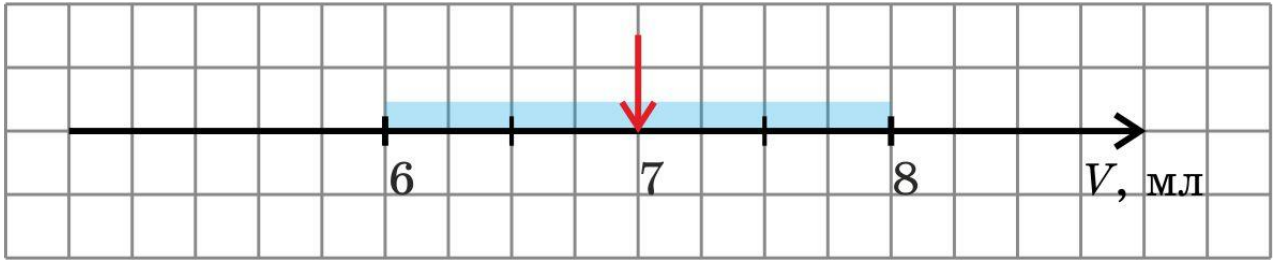
Например, объём воды, налитой в измерительный цилиндр, изображённый на рисунке, равен 7 мл, абсолютная погрешность измерения объёма жидкости равна 1 мл. Тогда результат измерения следует записать так: $V = (7 \pm 1)$ мл



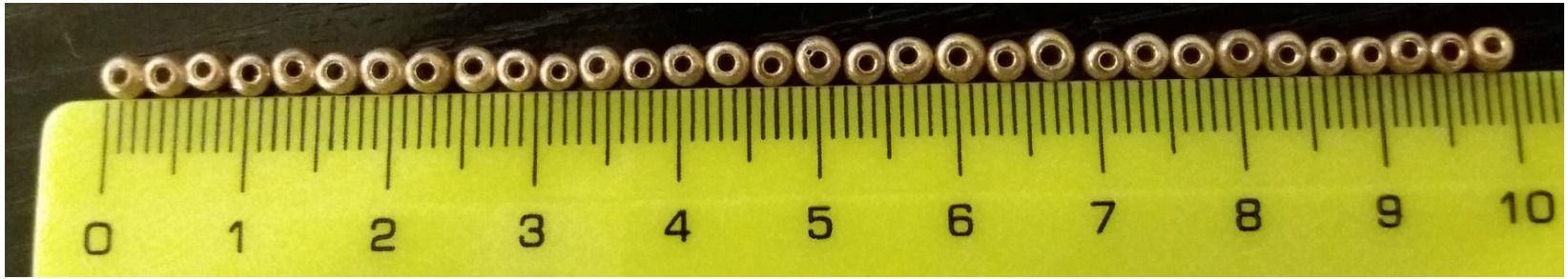
Например, объём воды, налитой в измерительный цилиндр, изображённый на рисунке, равен 7 мл, абсолютная погрешность измерения объёма жидкости равна 1 мл. Тогда результат измерения следует записать так: $V = (7 \pm 1)$ мл



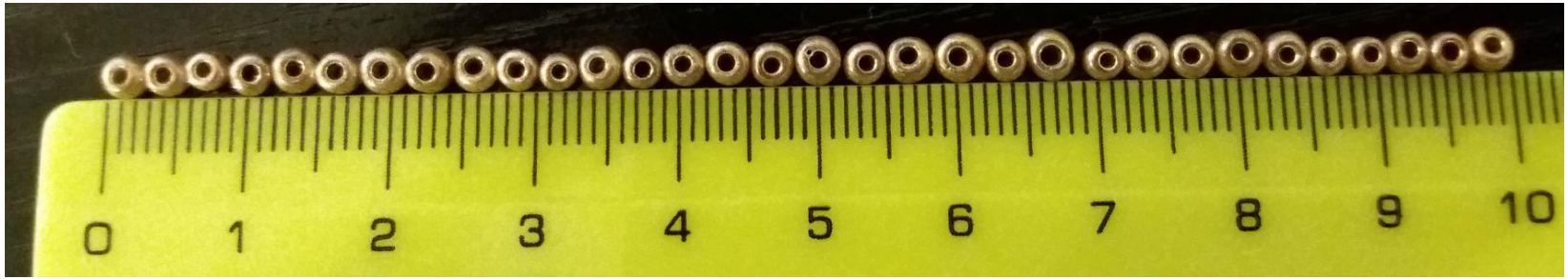
Нанесём результаты измерений объема жидкости с помощью измерительного цилиндра, изображённого на рисунке , на числовую ось.



На рисунке приведена фотография, иллюстрирующая измерение диаметра бисеринки методом рядов. Запишите, чему равен диаметр бисеринки, с указанием абсолютной погрешности измерения.

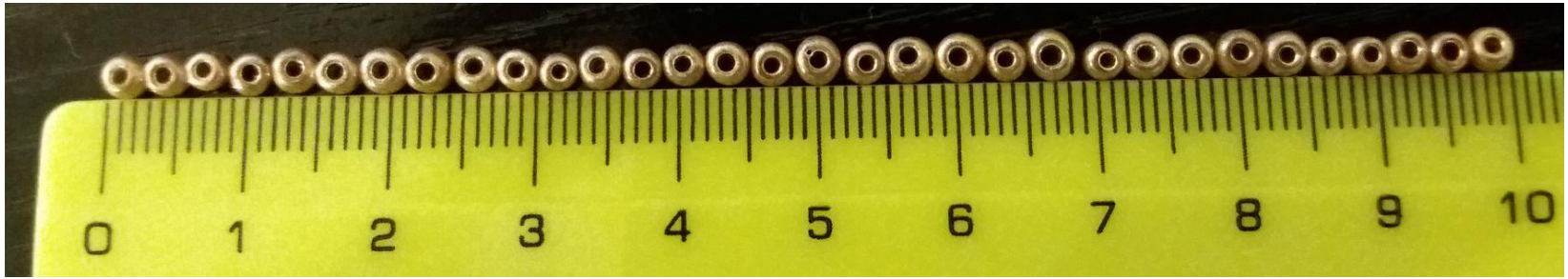


На рисунке приведена фотография, иллюстрирующая измерение диаметра бисеринки методом рядов. Запишите, чему равен диаметр бисеринки, с указанием абсолютной погрешности измерения.



$$\begin{matrix} N = 32 \\ l = 10\ \text{см} \end{matrix} \Rightarrow \quad d = \frac{10\ \text{см}}{32} \approx 0{,}313\ \text{см} = 3{,}13\ \text{мм};$$

На рисунке приведена фотография, иллюстрирующая измерение диаметра бисеринки методом рядов. Запишите, чему равен диаметр бисеринки, с указанием абсолютной погрешности измерения.



$$\begin{matrix} N = 32 \\ l = 10\ \text{см} \end{matrix} \Rightarrow \quad d = \frac{10\ \text{см}}{32} \approx 0{,}313\ \text{см} = 3{,}13\ \text{мм}; \quad \Delta d = \frac{1\ \text{мм}}{32} \approx 0{,}03\ \text{мм}$$

$$d = \left(3{,}13 \pm 0{,}03\right)\text{мм}$$

6. Измерение объёма и плотности твёрдых тел и жидкостей [5)]

Цель работы: научиться измерять объём и плотность твёрдого тела и жидкости, распознавать вещество по его плотности.

Оборудование: рычажные весы, набор гирь, линейка, брусок (параллелепипед), измерительный цилиндр, стакан с водой, тело неправильной формы на нити, сосуд с жидкостью неизвестной плотности, пустой пластиковый стаканчик.

6. Измерение объёма и плотности твёрдых тел и жидкостей [5)]

Цель работы: научиться измерять объём и плотность твёрдого тела и жидкости, распознавать вещество по его плотности.

Оборудование: рычажные весы, набор гирь, линейка, брусок (параллелепипед), измерительный цилиндр, стакан с водой, тело неправильной формы на нити, сосуд с жидкостью неизвестной плотности, пустой пластиковый стакан.

При выполнении данной работы расчёт погрешностей косвенных измерений объёма бруска и плотности тел не предусмотрен, поскольку при её выполнении требуется умножение и деление результатов прямых измерений.

Определение погрешностей в этом случае рассматривается в курсе физики старшей школы.

Задание 2. Измерение плотности вещества, из которого изготовлено тело неправильной формы.

- Измерьте массу тела неправильной формы с точностью до 1 г и запишите результат с указанием погрешности.
- Налейте в измерительный цилиндр воду приблизительно до половины и измерьте объём налитой воды V_1. Результаты измерений с указанием погрешностей записывайте в таблицу в тетради для практических работ (ниже приведён заголовок таблицы).

m, г	V_1, см^3	V_2, см^3	V, см^3	ρ, г/см^3

- Погрузите в измерительный цилиндр с водой тело неправильной формы, подвешенное на нити, и измерьте суммарный объём V_2 тела и воды с точностью до 1 см^3. Вычислите объём тела по формуле $V = V_2 - V_1$. Запишите результат с указанием погрешности. Напоминаем, что при вычитании измеренных значений погрешности измерений *складываются*.
- Вычислите плотность вещества, из которого изготовлено тело неправильной формы. Запишите результат без указания погрешности.

Задание 2. Измерение плотности вещества, из которого изготовлено тело неправильной формы.

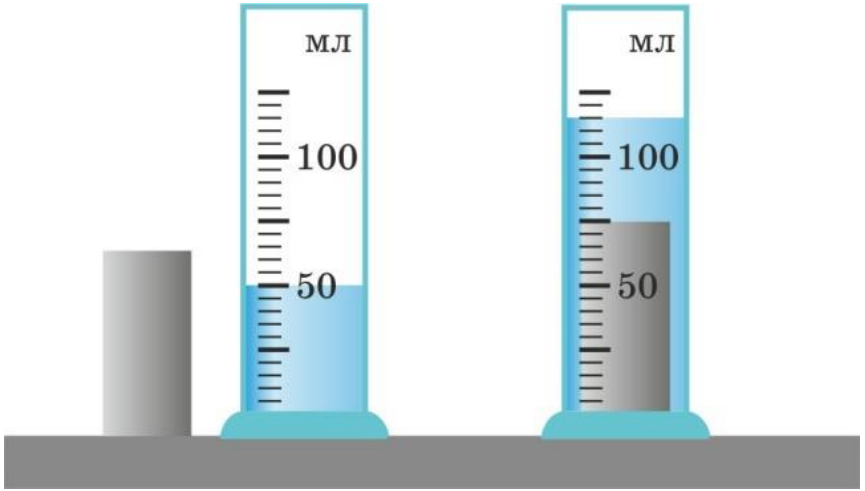
- Измерьте массу тела неправильной формы с точностью до 1 г и запишите результат с указанием погрешности.
- Налейте в измерительный цилиндр воду приблизительно до половины и измерьте объём налитой воды V_1. Результаты измерений с указанием погрешностей записывайте в таблицу в тетради для практических работ (ниже приведён заголовок таблицы).

m, г	V_1, см^3	V_2, см^3	V, см^3	ρ, г/см^3

- Погрузите в измерительный цилиндр с водой тело неправильной формы, подвешенное на нити, и измерьте суммарный объём V_2 тела и воды с точностью до 1 см^3. Вычислите объём тела по формуле $V = V_2 - V_1$. Запишите результат с указанием погрешности. Напоминаем, что при вычитании измеренных значений погрешности измерений *складываются*.
- Вычислите плотность вещества, из которого изготовлено тело неправильной формы. Запишите результат без указания погрешности.

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

При проведении косвенных измерений, требующих сложения и вычитания, погрешности измерений *складывают* как при *сложении*, так и при *вычитании* измеренных значений



Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример:

В измерительный цилиндр с погрешностью прямого измерения 2 мл налили воду объёмом $V_1 = (168 \pm 2)$ мл.

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример:

В измерительный цилиндр с погрешностью прямого измерения 2 мл налили воду объёмом $V_1 = (168 \pm 2)$ мл.

В воду опустили тело, объём которого требуется измерить. Суммарный объём воды и тела $V_2 = (186 \pm 2)$ мл.

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример:

В измерительный цилиндр с погрешностью прямого измерения 2 мл налили воду объёмом $V_1 = (150 \pm 2)$ мл.

В воду опустили тело, объём которого требуется измерить. Суммарный объём воды и тела $V_2 = (186 \pm 2)$ мл.

Результат измерения объёма цилиндра

$$V_0 = (186 \pm 2) \text{ мл} - (168 \pm 2) \text{ мл} = (18 \pm 4) \text{ мл}.$$

4. Измерение коэффициента трения скольжения. Исследование зависимости силы трения от характера поверхности

Цель работы: измерить коэффициент трения скольжения.

Оборудование: брусок, деревянная линейка, бархатная бумага, набор грузов по механике массой по 100 г, динамометр.

Ход работы

Задание 1. Измерение коэффициента трения[1)].

- Измерьте динамометром вес бруска с одним грузом и запишите результат с указанием погрешности.
- Положите брусок с одним грузом наибольшей гранью на *горизонтально* расположенную деревянную доску. С помощью *горизонтально* расположенного динамометра равномерно тяните брусок по доске. Запишите результаты измерений с указанием погрешности в таблицу (ниже приведён заголовок таблицы).

Вид поверхности	Число грузов	Сила нормальной реакции опоры N, Н	Сила трения $F_{тр}$, Н

Повторите измерения, используя два и три таких же груза. Результаты измерений с указанием погрешностей записывайте в таблицу.

- Начертите в тетради для практических работ оси координат $F_{тр}$ и N. Выберите удобный масштаб и нанесите полученные экспериментальные точки (с учётом погрешностей) на координатную плоскость.
- Используя прозрачную линейку, постройте график зависимости силы трения скольжения от силы нормальной реакции опоры.
- Используя построенный график, найдите коэффициент трения (без указания погрешности).

Измерение коэффициента трения

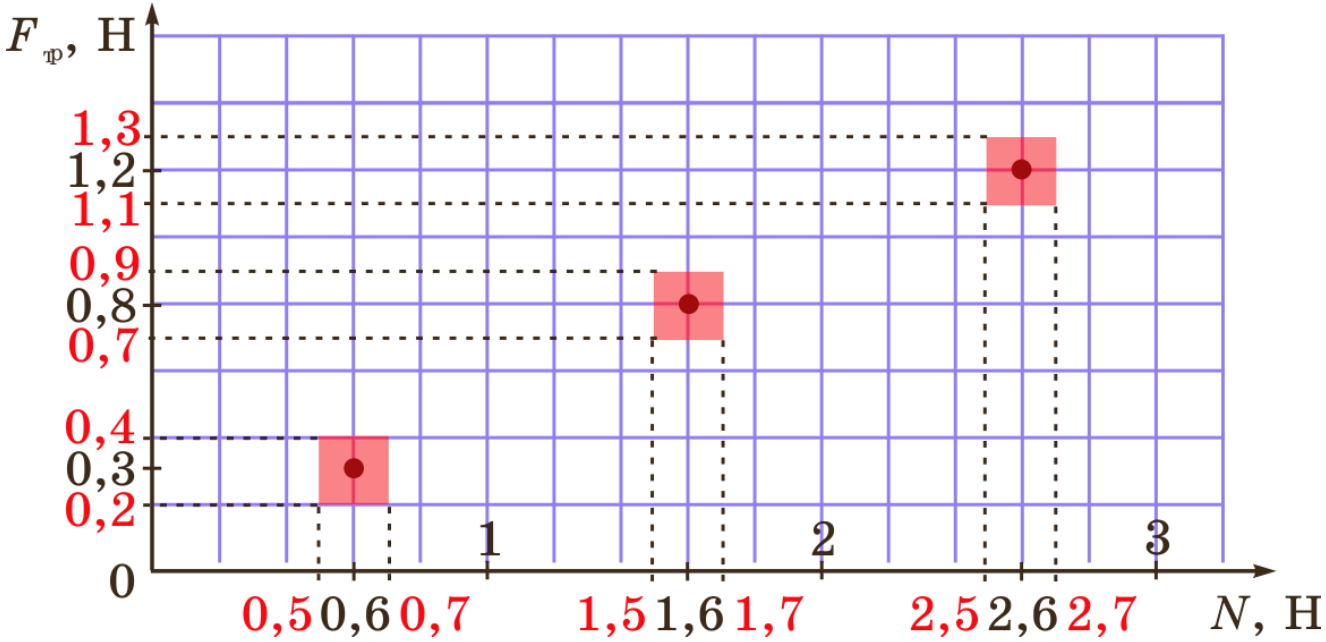
Результаты измерений

№ опыта	$F_{тр}$, Н	N, Н
1	$0,3 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$
2	$0,8 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$
3	$1,2 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$

Измерение коэффициента трения

Результаты измерений

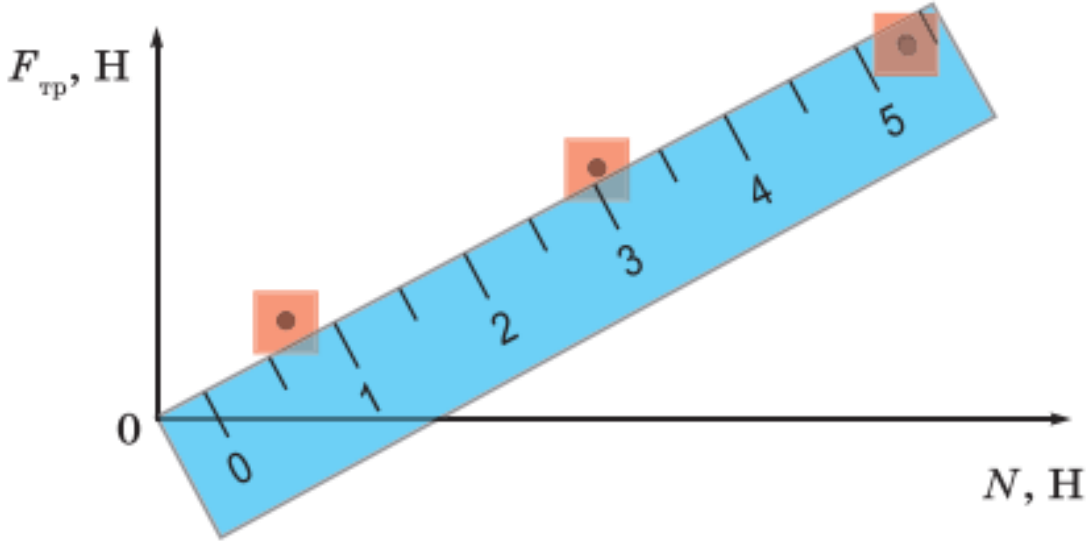
№ опыта	$F_{тр}$, Н	N, Н
1	$0,3 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$
2	$0,8 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$
3	$1,2 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$



Измерение коэффициента трения

Результаты измерений

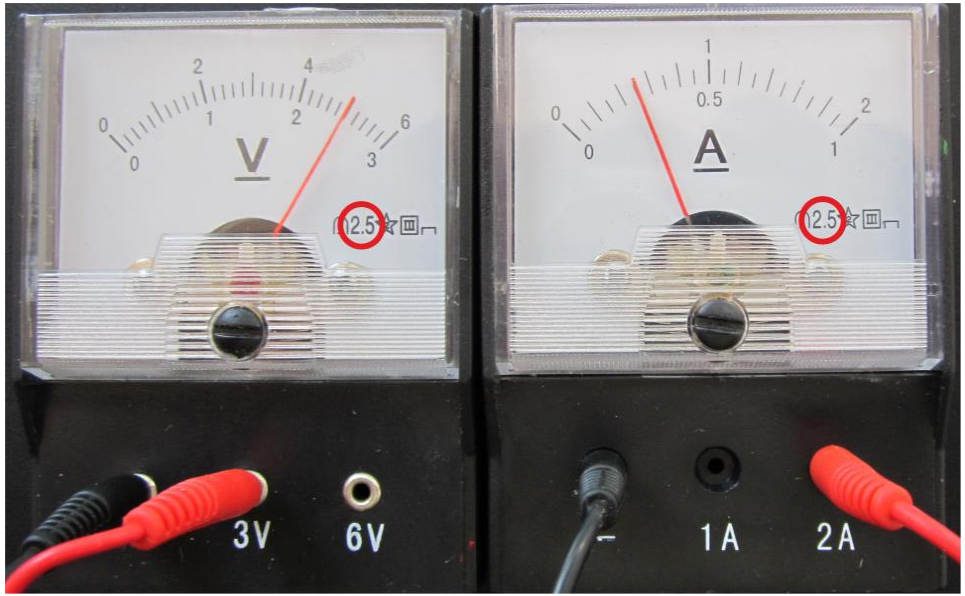
№ опыта	$F_{тр}$, Н	N, Н
1	$0,3 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$
2	$0,8 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$
3	$1,2 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$



По графику находим коэффициент трения.

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

$$\Delta_{\text{прибора}} = \frac{\gamma \cdot \text{Предел измерения прибора}}{100}$$

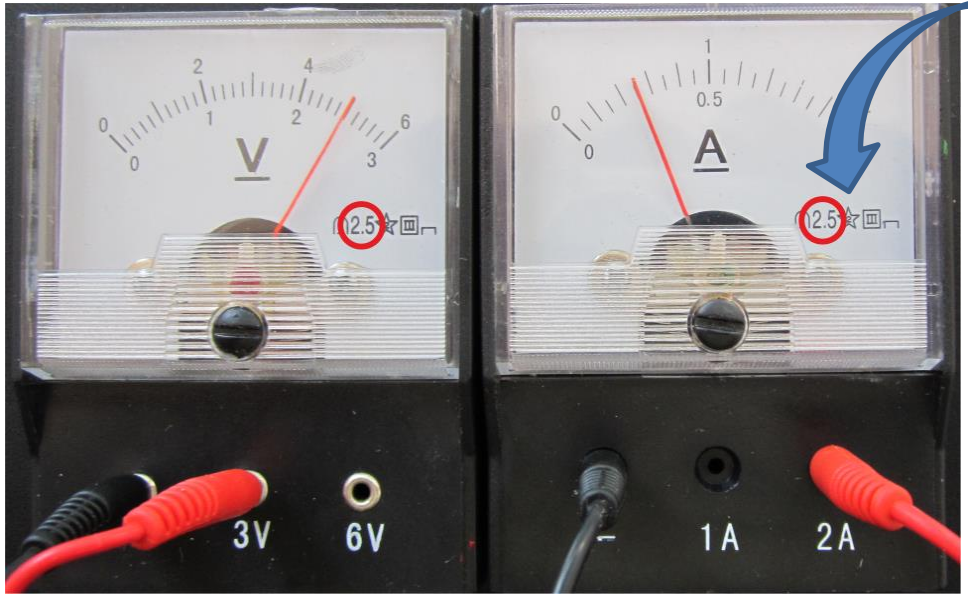


γ — *класс точности* прибора

Для учителя

Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

$$\Delta_{\text{прибора}} = \frac{\gamma \cdot \text{Предел измерения прибора}}{100}$$



γ — *класс точности* прибора

Для учителя

Погрешности приборов и прямых измерений

Прибор	Пределы измерения	Цена деления	Погрешность прибора	Погрешность прямого измерения
Вольтметр	0–6 В	0,2 В	0,15 В	0,2 В
Вольтметр	0–3 В	0,1 В	0,075 В	0,1 В
Амперметр	0–2 А	0,05 А	0,05 А	0,07 А
Амперметр	0–1 А	0,02 А	0,025 А	0,03 А
Вольтметр (ФГОС-лаборатория)	2–0–6 В	0,2 В	0,2 В	0,2 В
	1–0–3 В	0,1 А	0,1 В	0,1 В
Амперметр (ФГОС-лаборатория)	1–0–3 А	0,1 А	0,1 А	0,1 А
	0,2–0–0,6 А	0,02 А	0,02 А	0,02 А

5. Исследование зависимости силы тока в проводнике от напряжения на его концах. Измерение сопротивления

Цель работы: исследовать зависимость силы тока в проводнике от напряжения на его концах; измерить сопротивление проводника.

Оборудование: источник тока, ключ, проволочный резистор, реостат, амперметр, вольтметр, соединительные провода, прозрачная линейка.

Ход работы

Задание 1. Исследование зависимости силы тока в резисторе от напряжения на его концах.

- Соберите электрическую цепь по приведённой на рисунке 1 схеме. При сборке цепи ключ должен быть разомкнут.

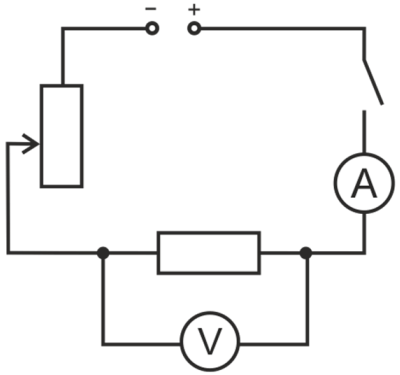


Рис. 1

№ опыта	U, В	I, А

- Поставьте ползунок реостата в крайнее положение, при котором его сопротивление — наибольшее. После проверки цепи учителем замкните ключ и запишите показания амперметра и вольтметра с указанием погрешностей в таблицу (ниже приведён заголовок таблицы).

- Повторите измерения ещё три раза, перемещая каждый раз ползунок реостата так, чтобы его сопротивление уменьшалось. Результаты измерений с указанием погрешностей записывайте в таблицу.
- Начертите оси координат для графика $I(U)$, выберите удобный масштаб и нанесите на координатную плоскость полученные вами на опыте значения силы тока и напряжения с указанием погрешностей (в виде прямоугольников, см. рис. 4 в разделе «Погрешности измерений»).
- Используя прозрачную линейку, проверьте: можно ли с учётом погрешностей считать, что сила тока в резисторе прямо пропорциональна напряжению на его концах (для этого надо убедиться, что через от-меченные прямоугольники и начало координат можно провести прямую). Вывод запишите.

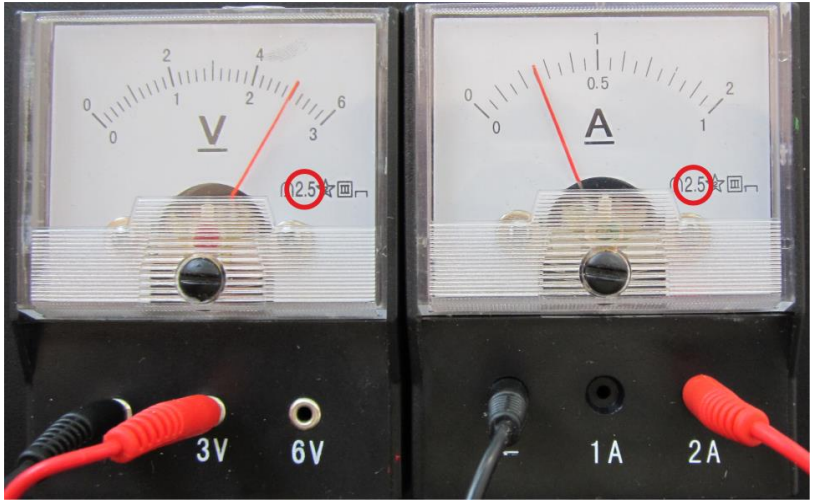
Задание 2. Измерение сопротивления проводника.

- Используя прозрачную линейку, постройте по результатам измерений график прямо пропорциональной зависимости силы тока в резисторе от напряжения на его концах. Для этого расположите линейку так, чтобы её край проходил через все прямоугольники и начало координат.
- Используя построенный график, найдите сопротивление резистора (без указания погрешности). Запишите результат.

Расчет сопротивления проводника

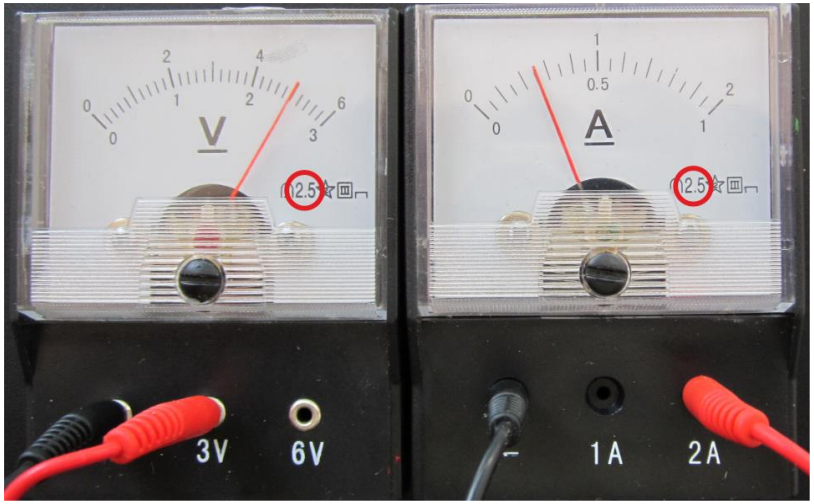
Пример: расчёт сопротивления проводника

$U = (2{,}5 \pm 0{,}1)$ В; $I = (0{,}50 \pm 0{,}07)$ А



Расчет сопротивления проводника

Пример: расчёт сопротивления проводника



$U = (2{,}5 \pm 0{,}1)$ В; $I = (0{,}50 \pm 0{,}07)$ А

$$R = \frac{2{,}5\ \text{В}}{0{,}50\ \text{А}} = 5\ \text{Ом}$$

Косвенное измерение

$\Downarrow$

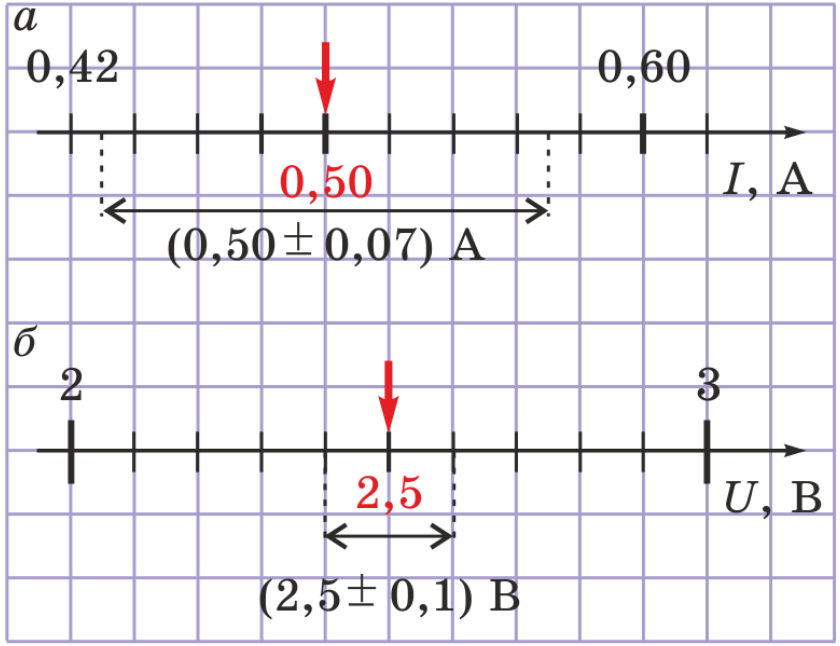
Расчёт погрешностей в старшей школе

Расчет сопротивления проводника

$U = (2{,}5 \pm 0{,}1)$ В; $I = (0{,}50 \pm 0{,}07)$ А

$$R = \frac{2{,}5\ \text{В}}{0{,}50\ \text{А}} = 5\ \text{Ом}$$

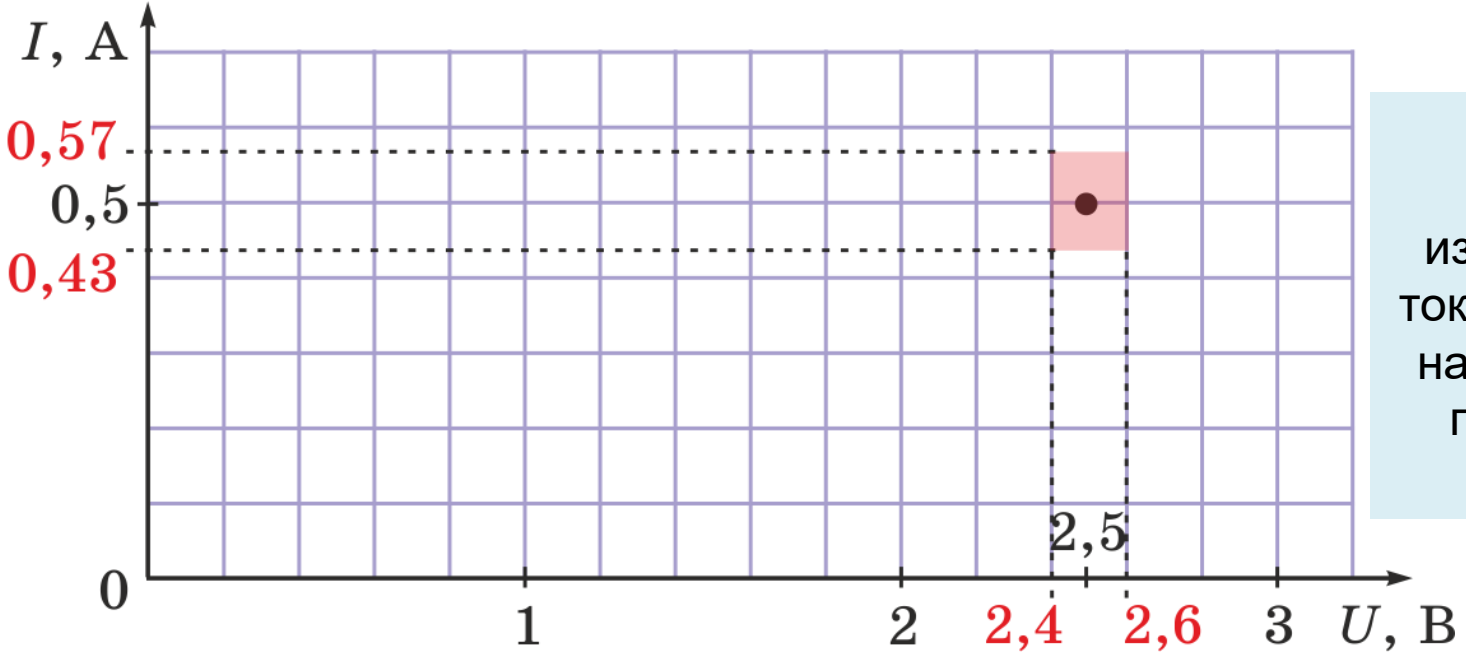
Результаты измерений с учётом погрешностей отложим на числовых осях



Расчет сопротивления проводника

$U = (2{,}5 \pm 0{,}1)$ В; $I = (0{,}50 \pm 0{,}07)$ А

$$R = \frac{2{,}5\ \text{В}}{0{,}50\ \text{А}} = 5\ \text{Ом}$$



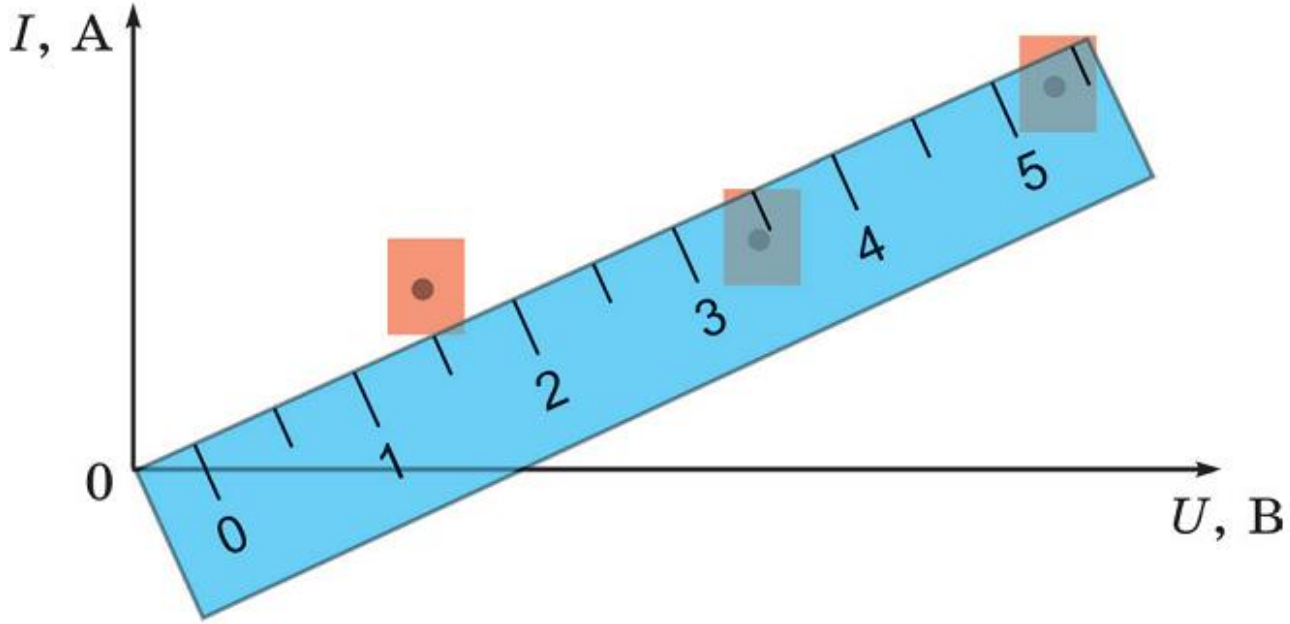
Нанесём результаты измерения силы тока и напряжения на координатную плоскость $I(U)$

Расчет сопротивления проводника

$U = (2{,}5 \pm 0{,}1)$ В; $I = (0{,}50 \pm 0{,}07)$ А

$$R = \frac{2{,}5\ \text{В}}{0{,}50\ \text{А}} = 5\ \text{Ом}$$

Для нахождения сопротивления проводника наносим таким же образом результаты ещё двух измерений.



По графику находим сопротивление проводника.

Экспериментальная проверка утверждения, гласящего, что сила тока на участке цепи, содержащем два параллельно соединённых резистора, равна сумме сил тока в этих резисторах

Пусть результат прямого измерения силы тока на участке цепи, содержащем эти резисторы, $I_0 = (0{,}92 \pm 0{,}03)$ А.

Экспериментальная проверка утверждения, гласящего, что сила тока на участке цепи, содержащем два параллельно соединённых резистора, равна сумме сил тока в этих резисторах

Пусть результат прямого измерения силы тока на участке цепи, содержащем эти резисторы, $I_0 = (0{,}92 \pm 0{,}03)$ А.

Результаты прямого измерения силы тока в резисторах $I_1 = (0{,}30 \pm 0{,}03)$ А и $I_2 = (0{,}64 \pm 0{,}03)$ А.

Экспериментальная проверка утверждения, гласящего, что сила тока на участке цепи, содержащем два параллельно соединённых резистора, равна сумме сил тока в этих резисторах

Пусть результат прямого измерения силы тока на участке цепи, содержащем эти резисторы, $I_0 = (0{,}92 \pm 0{,}03)$ А.

Результаты прямого измерения силы тока в резисторах $I_1 = (0{,}30 \pm 0{,}03)$ А и $I_2 = (0{,}64 \pm 0{,}03)$ А.

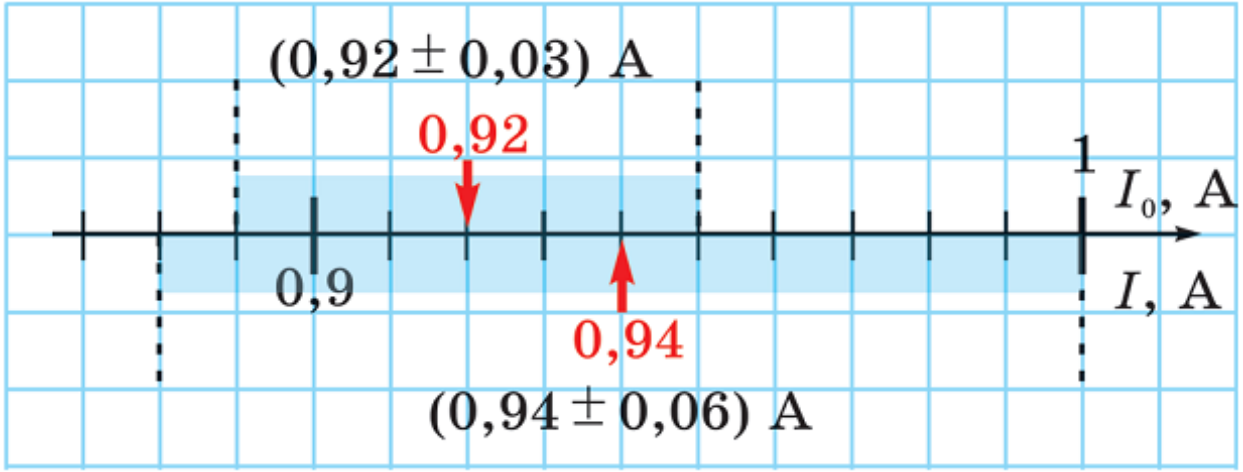
Из этих результатов следует, что $I = I_1 + I_2 = (0{,}94 \pm 0{,}06)$ А.

Экспериментальная проверка утверждения, гласящего, что сила тока на участке цепи, содержащем два параллельно соединённых резистора, равна сумме сил тока в этих резисторах

Пусть результат прямого измерения силы тока на участке цепи, содержащем эти резисторы, $I_0 = (0{,}92 \pm 0{,}03)$ А.

Результаты прямого измерения силы тока в резисторах $I_1 = (0{,}30 \pm 0{,}03)$ А и $I_2 = (0{,}64 \pm 0{,}03)$ А.

Из этих результатов следует, что $I = I_1 + I_2 = (0{,}94 \pm 0{,}06)$ А.

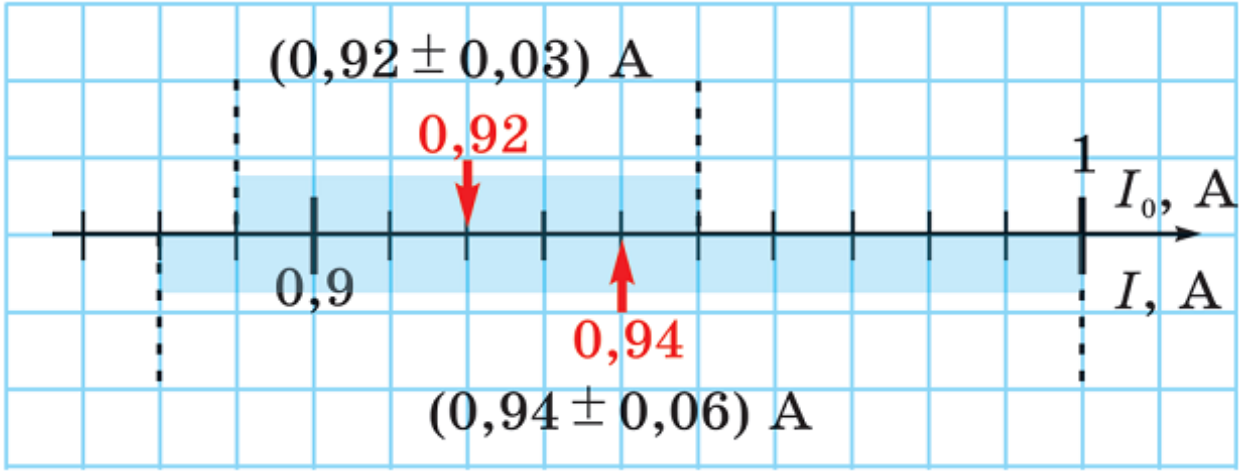


Экспериментальная проверка утверждения, гласящего, что сила тока на участке цепи, содержащем два параллельно соединённых резистора, равна сумме сил тока в этих резисторах

Пусть результат прямого измерения силы тока на участке цепи, содержащем эти резисторы, $I_0 = (0{,}92 \pm 0{,}03)$ А.

Результаты прямого измерения силы тока в резисторах $I_1 = (0{,}30 \pm 0{,}03)$ А и $I_2 = (0{,}64 \pm 0{,}03)$ А.

Из этих результатов следует, что $I = I_1 + I_2 = (0{,}94 \pm 0{,}06)$ А.



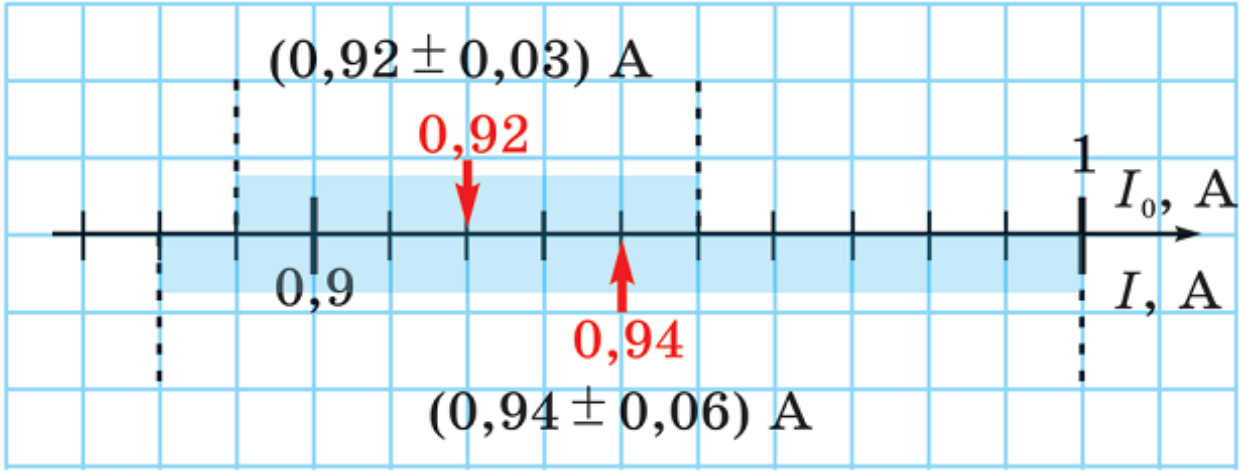
Интервалы значений I_0 и I частично перекрываются

Экспериментальная проверка утверждения, гласящего, что сила тока на участке цепи, содержащем два параллельно соединённых резистора, равна сумме сил тока в этих резисторах

Пусть результат прямого измерения силы тока на участке цепи, содержащем эти резисторы, $I_0 = (0{,}92 \pm 0{,}03)$ А.

Результаты прямого измерения силы тока в резисторах $I_1 = (0{,}30 \pm 0{,}03)$ А и $I_2 = (0{,}64 \pm 0{,}03)$ А.

Из этих результатов следует, что $I = I_1 + I_2 = (0{,}94 \pm 0{,}06)$ А.



Интервалы значений I_0 и I частично перекрываются

⇓

Опыт подтверждает указанное выше утверждение

8. Исследование последовательного соединения проводников

Цель работы: изучить свойства последовательного соединения проводников.

Оборудование: источник тока, ключ, два проволочных резистора, амперметр, вольтметр, соединительные провода.

Проверка гипотезы: «Напряжение на концах участка, состоящего из двух последовательно соединённых проводников, равно сумме напряжений на этих проводниках».

Оценка погрешностей косвенных измерений (в 10-11 классах, при подготовке к региональному этапу олимпиады в 9 классе)

Относительная погрешность измерения $$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\%$$

Косвенным измерением физической величины *A* называют такое измерение, при котором значение этой величины находят с помощью вычисления по формуле, в которую входят результаты прямых измерений других физических величин.

Оценка погрешностей косвенных измерений

Для оценки погрешностей косвенных измерений можно использовать *метод границ*

Оценка погрешностей косвенных измерений

Для оценки погрешностей косвенных измерений можно использовать *метод границ*

В этом случае с помощью формулы, по которой вычисляют величину A, находят её минимальное значение A_{min} и максимальное значение A_{max}.

Оценка погрешностей косвенных измерений

Для оценки погрешностей косвенных измерений можно использовать *метод границ*

В этом случае с помощью формулы, по которой вычисляют величину A, находят её минимальное значение A_{min} и максимальное значение A_{max}.

Абсолютная погрешность измерения $$\Delta A = \frac{A_{max} - A_{min}}{2}$$

Оценка погрешностей косвенных измерений

Для оценки погрешностей косвенных измерений можно использовать *метод границ*

В этом случае с помощью формулы, по которой вычисляют величину A, находят её минимальное значение A_{min} и максимальное значение A_{max}.

Абсолютная погрешность измерения $$\Delta A = \frac{A_{max} - A_{min}}{2}$$

Среднее значение $$A_{ср} = \frac{A_{max} + A_{min}}{2}$$

Оценка погрешностей косвенных измерений

Пример: измерение плотности.

При косвенном измерении плотности вещества были получены следующие результаты прямых измерений с указанием их погрешностей

$$m = 53 \pm 1 \text{ г};$$

$$V = 20 \pm 2 \text{ см}^3$$

Оценка погрешностей косвенных измерений

Пример: измерение плотности.

При косвенном измерении плотности вещества были получены следующие результаты прямых измерений с указанием их погрешностей

$$m = 53 \pm 1 \text{ г};$$

$$V = 20 \pm 2 \text{ см}^3$$

$$\rho_{min} = \frac{(53 - 1) \text{ г}}{(20 + 2) \text{ см}^3} = 2,36 \text{ г/см}^3;$$

Оценка погрешностей косвенных измерений

Пример: измерение плотности.

При косвенном измерении плотности вещества были получены следующие результаты прямых измерений с указанием их погрешностей

$$m = 53 \pm 1 \text{ г};$$

$$V = 20 \pm 2 \text{ см}^3$$

$$\rho_{min} = \frac{(53-1) \text{ г}}{(20+2) \text{ см}^3} = 2,36 \text{ г/см}^3; \qquad \rho_{max} = \frac{(53+1) \text{ г}}{(20-2) \text{ см}^3} = 3,00 \text{ г/см}^3;$$

Оценка погрешностей косвенных измерений

Пример: измерение плотности.

При косвенном измерении плотности вещества были получены следующие результаты прямых измерений с указанием их погрешностей

$$m = 53 \pm 1 \text{ г};$$

$$V = 20 \pm 2 \text{ см}^3$$

$$\rho_{min} = \frac{(53-1) \text{ г}}{(20+2) \text{ см}^3} = 2,36 \text{ г/см}^3; \qquad \rho_{max} = \frac{(53+1) \text{ г}}{(20-2) \text{ см}^3} = 3,00 \text{ г/см}^3;$$

$$\Delta\rho = \frac{3,00 - 2,36}{2} = 0,32 \text{ г/см}^3;$$

Оценка погрешностей косвенных измерений

Пример: измерение плотности.

При косвенном измерении плотности вещества были получены следующие результаты прямых измерений с указанием их погрешностей

$$m = 53 \pm 1 \text{ г};$$

$$V = 20 \pm 2 \text{ см}^3$$

$$\rho_{min} = \frac{(53-1) \text{ г}}{(20+2) \text{ см}^3} = 2,36 \text{ г/см}^3; \qquad \rho_{max} = \frac{(53+1) \text{ г}}{(20-2) \text{ см}^3} = 3,00 \text{ г/см}^3;$$

$$\Delta\rho = \frac{3,00-2,36}{2} = 0,32 \text{ г/см}^3; \qquad \rho_{ср} = \frac{3,00+2,36}{2} = 2,68 \text{ г/см}^3.$$

Оценка погрешностей косвенных измерений

Относительная погрешность измерения плотности:

$$\varepsilon = \frac{0,32}{2,68} \cdot 100\% = 12\%$$

Оценка погрешностей косвенных измерений

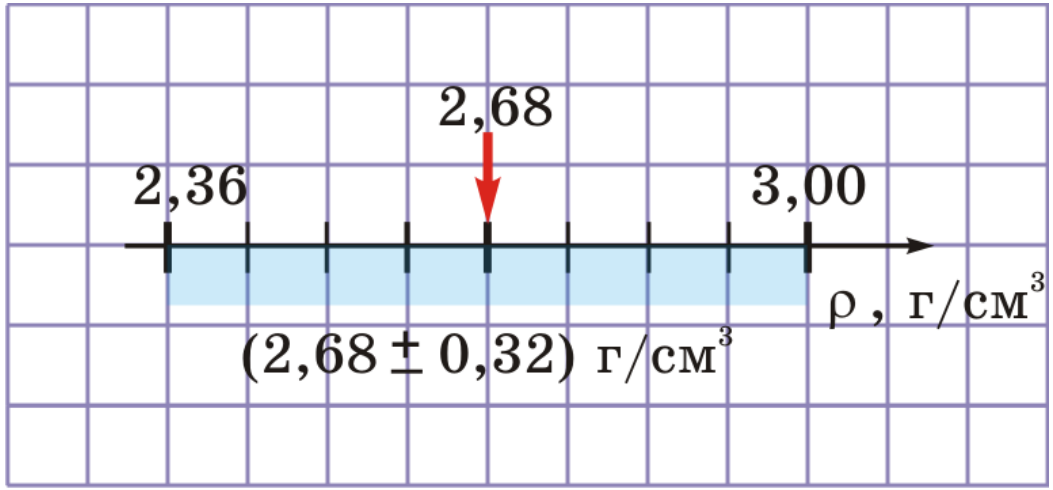
Относительная погрешность измерения плотности: $\varepsilon = \frac{0,32}{2,68} \cdot 100\% = 12\%$

Результат измерения с указанием абсолютной и относительной погрешностей: $\rho = 2,68 \pm 0,32 \text{ г/см}^3; \quad \varepsilon = 12\%$.

Оценка погрешностей косвенных измерений

Относительная погрешность измерения плотности: $\varepsilon = \dfrac{0,32}{2,68} \cdot 100\% = 12\%$

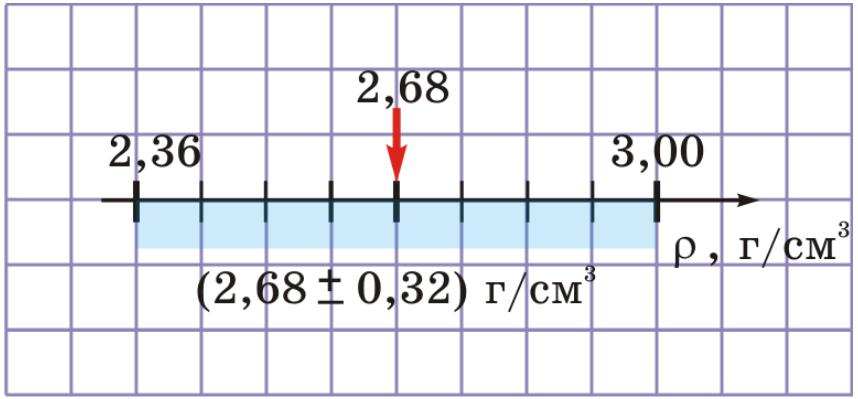
Результат измерения с указанием абсолютной и относительной погрешностей: $\rho = 2,68 \pm 0,32$ г/см^3; $\varepsilon = 12\%$.



Оценка погрешностей косвенных измерений

Относительная погрешность измерения плотности: $\varepsilon = \dfrac{0,32}{2,68} \cdot 100\% = 12\%$

Результат измерения с указанием абсолютной и относительной погрешностей: $\rho = 2,68 \pm 0,32$ г/см^3; $\varepsilon = 12\%$.



Противоречат ли результаты измерений гипотезе о том, что рассматриваемое тело изготовлено из алюминия?