

# ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 7-9 КЛАССАХ

Анжелика Васильевна Кошкина



**ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ ВЫПУСКНИКОВ:**

*В результате изучения физики ученик должен уметь использовать физические приборы и измерительные инструменты для измерения физических величин:*

- ✓ 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;
- ✓ проводить исследование зависимостей физических величин с использованием прямых измерений: при этом конструировать установку, фиксировать результаты полученной зависимости физических величин в виде таблиц и графиков, делать выводы по результатам исследования;
- ✓ проводить косвенные измерения физических величин: при выполнении измерений собирать экспериментальную установку, следуя предложенной инструкции, вычислять значение величины и анализировать полученные результаты с учетом заданной точности 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»

П А С П О Р Т

43 21210210 06

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

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

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

Пределы допускаемых погрешностей, °C

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



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.

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 сумме всех погрешностей, влияющих на результат измерения:

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots$$

# Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Погрешность прямого измерения равна сумме погрешности прибора и погрешности отсчёта:

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

Для  
учителя

## Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Погрешность прямого измерения равна сумме погрешности прибора и погрешности отсчёта:

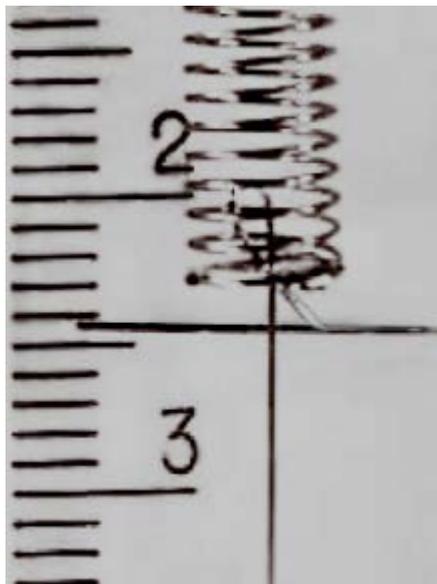
$$\Delta_{\text{прямого измерения}} = \sqrt{\Delta_{\text{прибора}}^2 + \Delta_{\text{отсчёта}}^2}$$

Для стрелочных приборов, а также для измерительных инструментов  $\Delta$  отсчёта равна половине цены деления.

Для  
учителя

# Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела

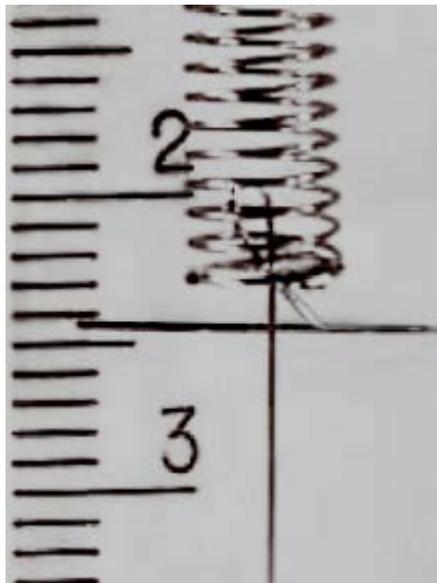


Погрешность прибора (динамометра)  
 $\Delta_{\text{прибора}} = 0,05 \text{ Н}$



# Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела



Погрешность прибора (динамометра)

$$\Delta_{\text{прибора}} = 0,05 \text{ Н}$$

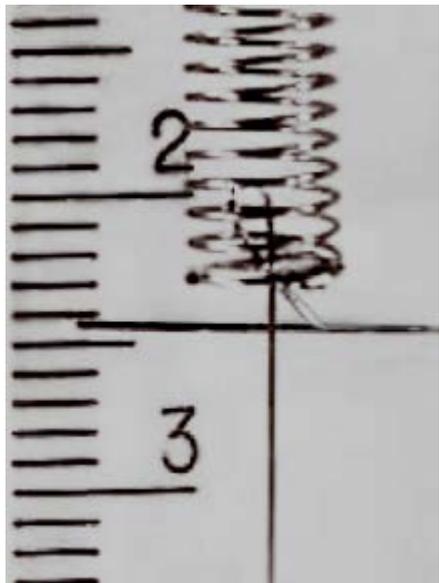
Погрешность отсчёта

$$\Delta_{\text{отсчёта}} = 0,05 \text{ Н}$$

Для  
учителя

# Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела



Погрешность прибора (динамометра)

$$\Delta_{\text{прибора}} = 0,05 \text{ Н}$$

Погрешность отсчёта

$$\Delta_{\text{отсчёта}} = 0,05 \text{ Н}$$

Погрешность прямого измерения

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

Для  
учителя

# Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела

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

$A_0$  — значение  
прямого измерения  
величины

$\Delta A$  — значение  
абсолютной  
погрешности

Погрешность прибора (динамометра)

$$\Delta_{\text{прибора}} = 0,05 \text{ Н}$$

Погрешность отсчёта

$$\Delta_{\text{отсчёта}} = 0,05 \text{ Н}$$

Погрешность прямого измерения

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

# Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела

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

$A_0$  — значение  
прямого измерения  
величины

$\Delta A$  — значение  
абсолютной  
погрешности

Погрешность прибора (динамометра)

$$\Delta_{\text{прибора}} = 0,05 \text{ Н}$$

Погрешность отсчёта

$$\Delta_{\text{отсчёта}} = 0,05 \text{ Н}$$

Погрешность прямого измерения

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

$$P = (2,4 \pm 0,1) \text{ Н}$$

# Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

Пример: измерение веса тела

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

$A_0$  — значение прямого измерения величины

$\Delta A$  — значение абсолютной погрешности

Погрешность прибора (динамометра)

$$\Delta_{\text{прибора}} = 0,05 \text{ Н}$$

Погрешность отсчёта

$$\Delta_{\text{отсчёта}} = 0,05 \text{ Н}$$

Для  
учителя

Погрешность прямого измерения

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

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

$\Delta A$  — значение абсолютной погрешности

Погрешность прибора (динамометра)

$\Delta_{\text{прибора}} = 0,05 \text{ Н}$

Погрешность отсчёта

$\Delta_{\text{отсчёта}} = 0,05 \text{ Н}$



Для  
учителя

Погрешность прямого измерения

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

Сообщается  
ученику

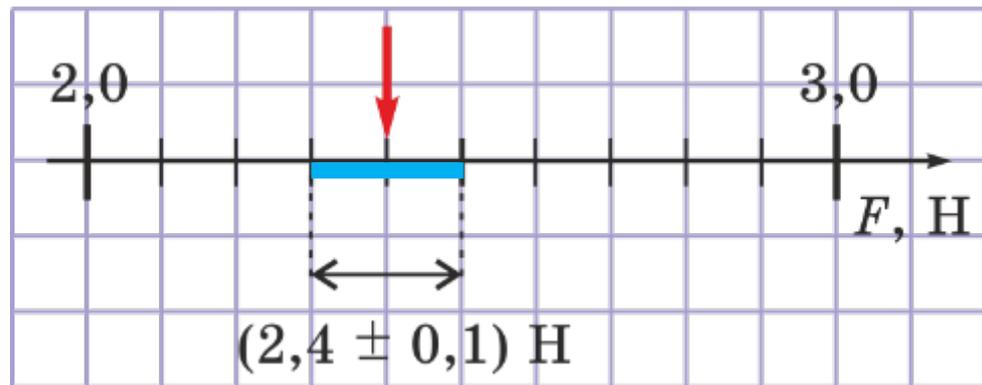
$$P = (2,4 \pm 0,1) \text{ Н}$$

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

## Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

$$P = (2,4 \pm 0,1) \text{ Н}$$

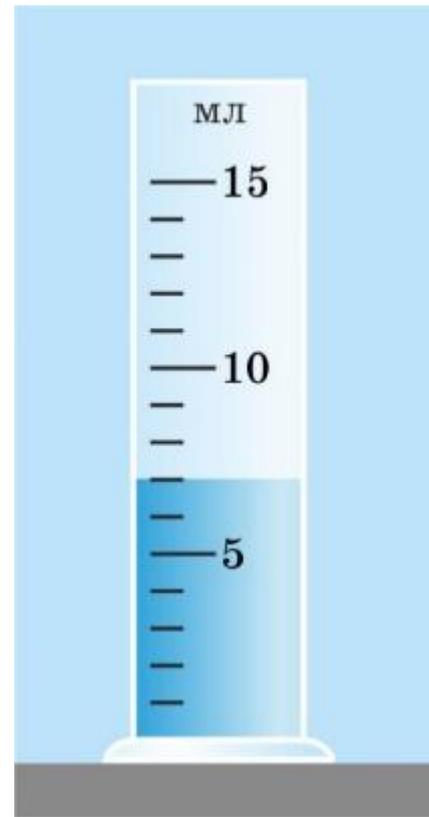
Результаты измерения с учетом погрешности откладываются на числовой оси



## Погрешности средств измерения и прямых измерений

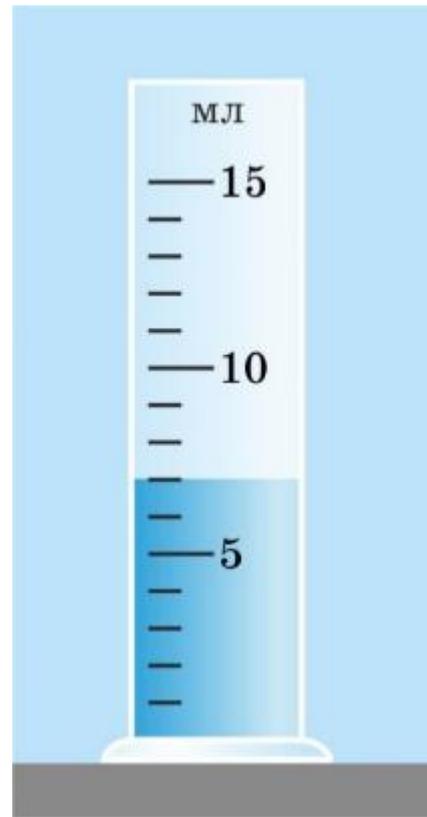
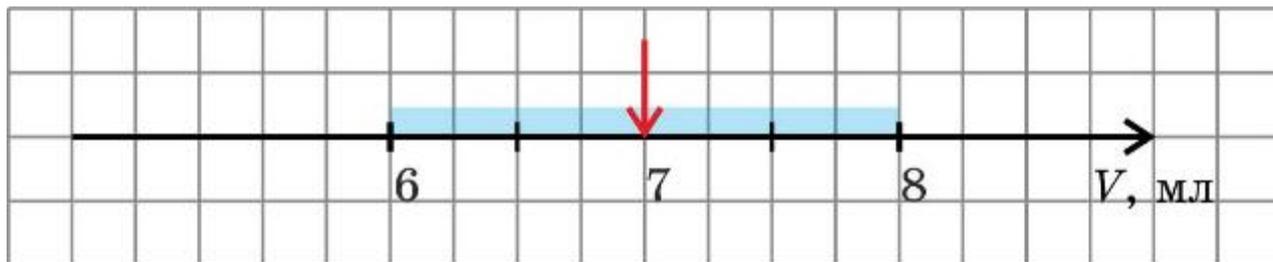
Прибор, инструмент. Цена деления	Погрешность средства измерения	Погрешность прямого измерения (сообщается ученику)
Линейка деревянная со знаком ГОСТ, цена деления 1 мм.	0,5 мм	Цена деления
Линейки деревянные и пластмассовые, не имеющие знака ГОСТ, цена деления 1 мм.	1 мм	1,5 мм
Измерительная лента (портновская),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

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

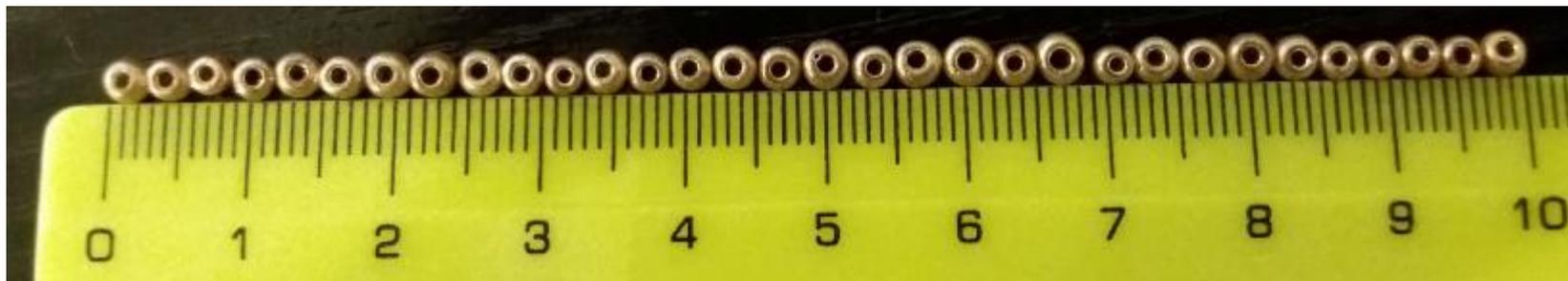
Нанесём результаты измерений объёма жидкости с помощью измерительного цилиндра, изображённого на рисунке, на числовую ось.



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

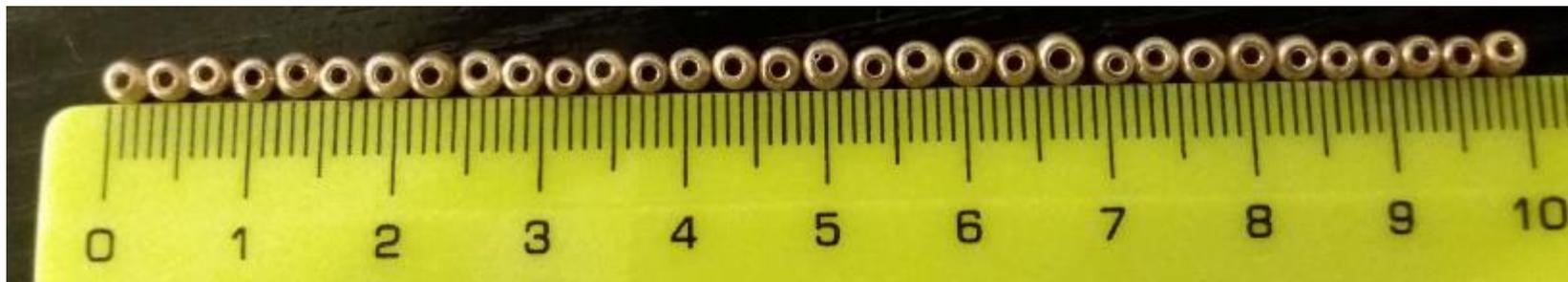


На рисунке приведена фотография, иллюстрирующая измерение диаметра бисеринки методом рядов. Запишите, чему равен диаметр бисеринки, с указанием абсолютной погрешности измерения.



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

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



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

$$d = (3,13 \pm 0,03) \text{ мм}$$

# Комплект оборудования № 1

Комплект № 1	
элементы оборудования	рекомендуемые характеристики <sup>(1)</sup>
<ul style="list-style-type: none"><li>• весы электронные</li></ul>	предел измерения не менее 200 г
<ul style="list-style-type: none"><li>• измерительный цилиндр (мензурка)</li></ul>	предел измерения 250 мл ( $C = 2$ мл)
<ul style="list-style-type: none"><li>• стакан</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• динамометр № 1</li></ul>	предел измерения 1 Н ( $C = 0,02$ Н)
<ul style="list-style-type: none"><li>• динамометр № 2</li></ul>	предел измерения 5 Н ( $C = 0,1$ Н)
<ul style="list-style-type: none"><li>• поваренная соль, палочка для перемешивания</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• цилиндр стальной; обозначить № 1</li></ul>	$V = (25,0 \pm 0,3) \text{ см}^3$ , $m = (195 \pm 2) \text{ г}$
<ul style="list-style-type: none"><li>• цилиндр алюминиевый; обозначить № 2</li></ul>	$V = (25,0 \pm 0,7) \text{ см}^3$ , $m = (70 \pm 2) \text{ г}$
<ul style="list-style-type: none"><li>• пластиковый цилиндр; обозначить № 3</li></ul>	$V = (56,0 \pm 1,8) \text{ см}^3$ , $m = (66 \pm 2) \text{ г}$ , имеет шкалу вдоль образующей с ценой деления 1 мм, длина не менее 80 мм
<ul style="list-style-type: none"><li>• цилиндр алюминиевый; обозначить № 4</li></ul>	$V = (34,0 \pm 0,7) \text{ см}^3$ , $m = (95 \pm 2) \text{ г}$

## Комплект оборудования № 1

(1) Рекомендуемые характеристики элементов оборудования комплекта № 1 должны обеспечивать выполнение следующих опытов:

- измерение средней плотности вещества (цилиндры № 1–№ 4); архимедовой силы (цилиндры № 2, № 3 и № 4);
- исследование зависимости архимедовой силы от объёма погруженной части тела (цилиндр № 3) и от плотности жидкости; независимости выталкивающей силы от массы тела (цилиндры № 1 и № 2).

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.

## Погрешности измерений

В основной школе погрешности **прямых измерений** учитель сообщает ученикам перед проведением лабораторной работы. Задача ученика — записать результаты прямых измерений с указанием погрешностей.

При выполнении лабораторной работы на ГИА-9, если ученик записывает результаты прямых измерений без учёта погрешностей, это задание оценивается в «0» баллов.

**Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом**

17

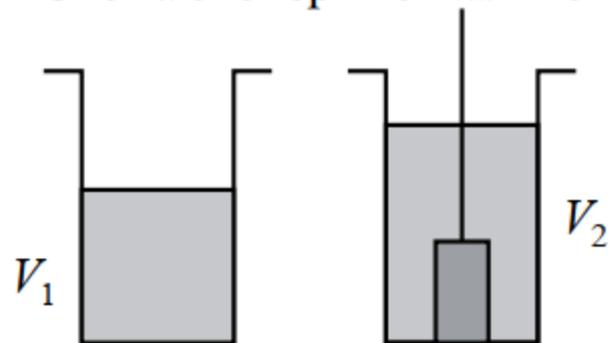
Используя рычажные весы с разновесом, мензурку, стакан с водой, цилиндр № 1, соберите экспериментальную установку для измерения плотности материала, из которого изготовлен цилиндр № 1. Абсолютная погрешность измерения массы тела составляет  $\pm 1$  г. Абсолютная погрешность измерения объёма тела с помощью мензурки равна  $\pm 2$  мл.

В бланке ответов № 2:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для определения объёма тела;
- 2) запишите формулу для расчёта плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы цилиндра и его объёма с учётом абсолютных погрешностей измерений;
- 4) запишите числовое значение плотности материала цилиндра.

### Образец возможного выполнения

1. Схема экспериментальной установки для определения объёма тела:



2.  $\rho = \frac{m}{V}$ .

3.  $m = (195 \pm 1) \text{ г}$ ;  $V = V_2 - V_1 = (26 \pm 2) \text{ мл} = (26 \pm 2) \text{ см}^3$ .

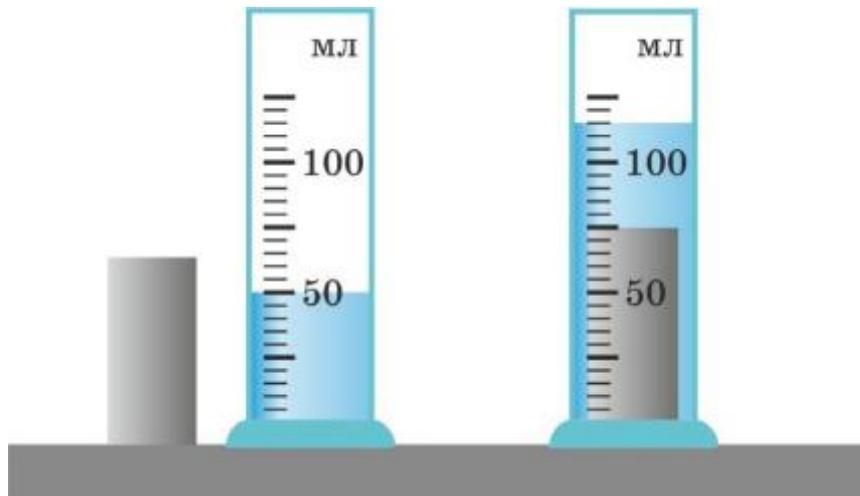
4.  $\rho = \frac{195}{26} = 7,5 \text{ (г/см}^3\text{)}$ .

#### *Указание экспертам*

Численные значения прямых измерений массы и объёма должны попасть в интервалы соответственно  $m = (195 \pm 2) \text{ г}$ ,  $V = (26 \pm 2) \text{ см}^3$ .

## 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



### 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

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

## Комплект оборудования № 2

Комплект № 2	
элементы оборудования	рекомендуемые характеристики <sup>(2)</sup>
<ul style="list-style-type: none"><li>штатив лабораторный с держателями</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>динамометр 1</li></ul>	предел измерения 1 Н ( $C = 0,02$ Н)
<ul style="list-style-type: none"><li>динамометр 2</li></ul>	предел измерения 5 Н ( $C = 0,1$ Н)
<ul style="list-style-type: none"><li>пружина 1 на планшете с миллиметровой шкалой</li></ul>	жёсткость $(50 \pm 2)$ Н/м
<ul style="list-style-type: none"><li>пружина 2 на планшете с миллиметровой шкалой</li></ul>	жёсткость $(10 \pm 2)$ Н/м
<ul style="list-style-type: none"><li>три груза, обозначить №1, №2 и №3</li></ul>	массой по $(100 \pm 2)$ г каждый
<ul style="list-style-type: none"><li>наборный груз или набор грузов, обозначить № 4, № 5 и № 6</li></ul>	наборный груз, позволяющий устанавливать массу грузов: № 4 массой $(60 \pm 1)$ г, № 5 массой $(70 \pm 1)$ г и № 6 массой $(80 \pm 1)$ или набор отдельных грузов
<ul style="list-style-type: none"><li>линейка и транспортир</li></ul>	длина 300 мм с миллиметровыми делениями
<ul style="list-style-type: none"><li>брусочек с крючком и нитью</li></ul>	масса бруска $m = (50 \pm 5)$ г
<ul style="list-style-type: none"><li>направляющая длиной не менее 500 мм. Должны быть обеспечены разные коэффициенты трения бруска по направляющей, обозначить «А» и «Б»</li></ul>	поверхность «А» – приблизительно 0,2; поверхность «Б» – приблизительно 0,6

- (2) Рекомендуемые характеристики элементов оборудования комплекта № 2 должны обеспечивать выполнение следующих опытов:
- измерение жёсткости пружины, коэффициента трения скольжения, работы силы трения, силы упругости;
  - исследование зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления и от рода поверхности, силы упругости, возникающей в пружине, от степени деформации пружины.



# Измерение коэффициента трения

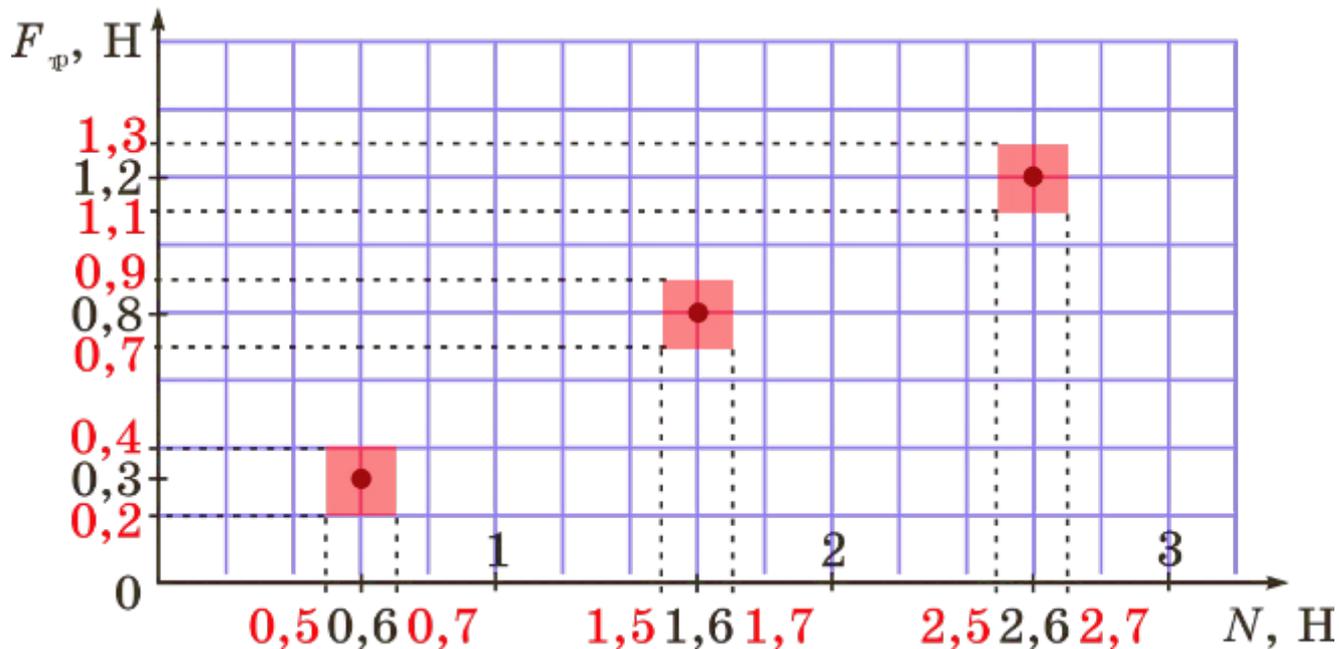
Результаты измерений

№ опыта	$F_{\text{тр}}, \text{Н}$	$N, \text{Н}$
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

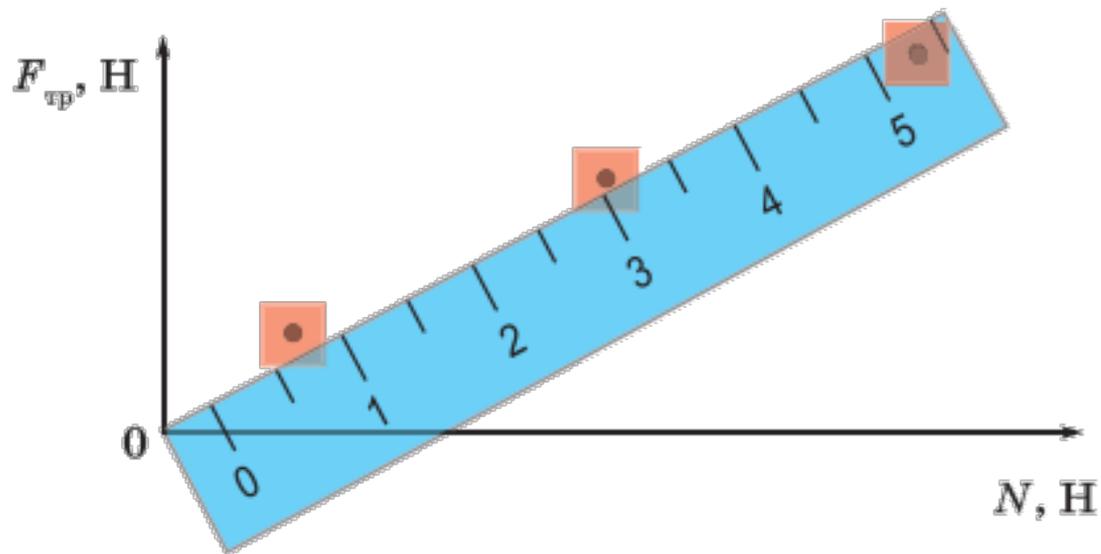
№ опыта	$F_{\text{тр}}, \text{Н}$	$N, \text{Н}$
1	$0,3 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$
2	$0,8 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$
3	$1,2 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$



# Измерение коэффициента трения

Результаты измерений

№ опыта	$F_{\text{тр}}, \text{Н}$	$N, \text{Н}$
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.

# Комплект № 3

Комплект № 3	
элементы оборудования	рекомендуемые характеристики <sup>(3)</sup>
• источник питания постоянного тока	выпрямитель с входным напряжением 36÷42 В или батарейный блок 1,5÷7,5 В с возможностью регулировки выходного напряжения
• вольтметр двухпредельный	предел измерения 3 В, $C = 0,1$ В; предел измерения 6 В, $C = 0,2$ В
• амперметр двухпредельный	предел измерения 3 А, $C = 0,1$ А; предел измерения 0,6 А, $C = 0,02$ А
• резистор, обозначить R1	сопротивление $(4,7 \pm 0,5)$ Ом
• резистор, обозначить R2	сопротивление $(5,7 \pm 0,6)$ Ом
• резистор, обозначить R3	сопротивлением $(8,2 \pm 0,8)$ Ом
• <sup>1</sup> набор проволочных резисторов $\rho l S$	резисторы обеспечивают проведение исследования зависимости сопротивления от длины, площади поперечного сечения и удельного сопротивления проводника
• лампочка	номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А
• переменный резистор (реостат)	сопротивление 10 Ом
• соединительные провода, 10 шт.	
• ключ	

- (3) Рекомендуемые характеристики элементов оборудования комплекта № 3 должны обеспечивать выполнение следующих опытов:
- измерение электрического сопротивления резистора, мощности электрического тока, работы электрического тока;
  - исследование зависимости силы тока, возникающего в проводнике (резисторы, лампочка), от напряжения на концах проводника, зависимости сопротивления от длины проводника, площади его поперечного сечения и удельного сопротивления;
  - проверка правила для электрического напряжения при последовательном соединении проводников, правила для силы электрического тока при параллельном соединении проводников (резисторы и лампочка).

# Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

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

$\gamma$  — класс точности прибора



# Принципы расчёта погрешностей прямых однократных измерений

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



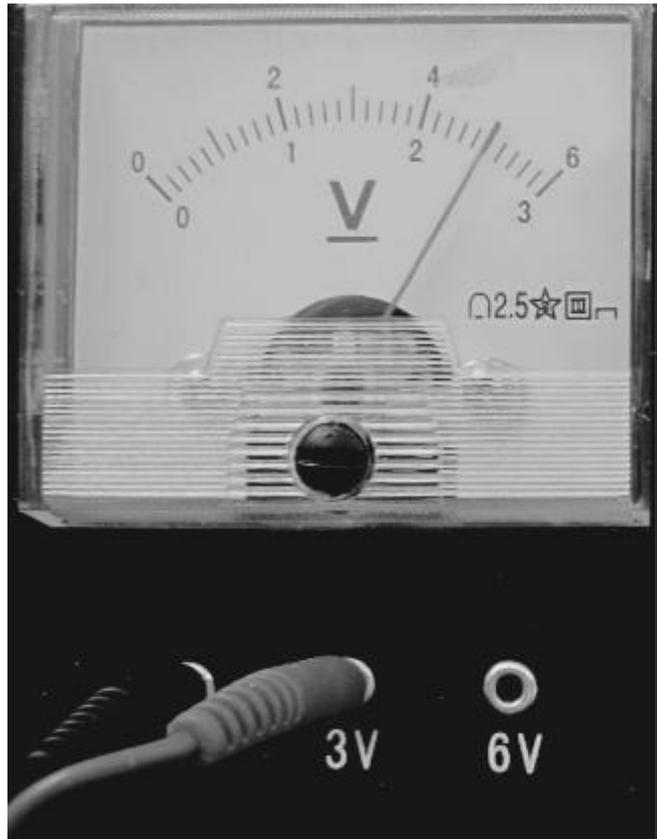
$\gamma$  — класс точности  
прибора

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

# Запись результатов прямых измерений с учётом погрешности



В какой строке результат измерения напряжения записан правильно?

- 1)  $U = (5 \pm 0,2) \text{ В}$
- 2)  $U = (5,0 \pm 0,2) \text{ В}$
- 3)  $U = (5,0 \pm 0,1) \text{ В}$
- 4)  $U = (2,5 \pm 0,1) \text{ В}$
- 5)  $U = (2,5 \pm 0,2) \text{ В}$

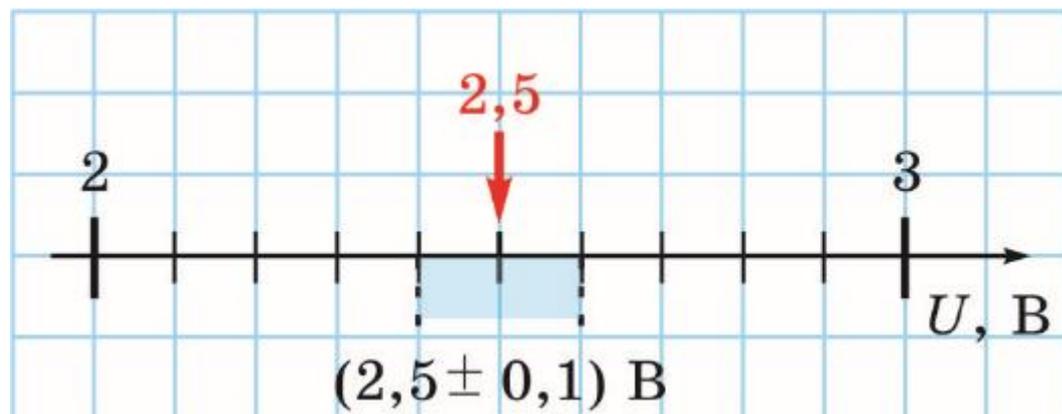
## Запись результатов прямых измерений с учётом погрешности

Чему равно напряжение, измеренное с помощью вольтметра, изображённого на рисунке (с учётом погрешности измерения)?



# Погрешности измерений

Результаты измерений учим откладывать на числовых осях.



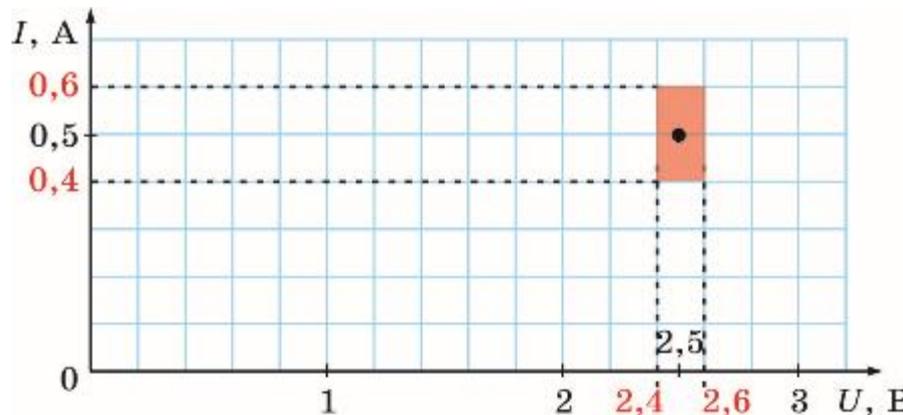
# Погрешности измерений

Учим наносить результаты измерения на координатную плоскость с учётом погрешностей.



$$U = (2,5 \pm 0,1) \text{ В}$$

$$I = (0,5 \pm 0,1) \text{ В}$$



## Расчет сопротивления проводника

**Пример:** расчёт сопротивления проводника

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



## Расчет сопротивления проводника

**Пример:** расчёт сопротивления проводника

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

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



Косвенное измерение



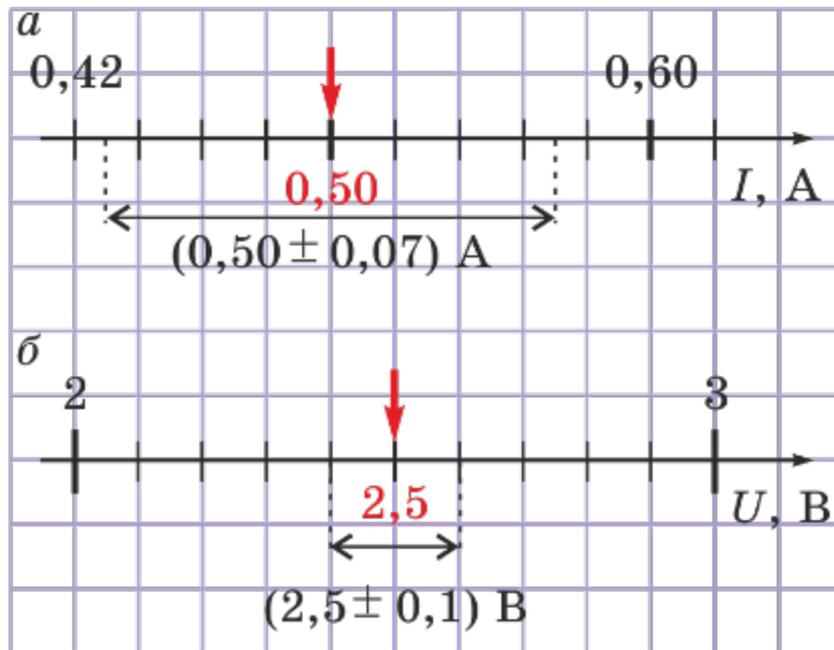
Расчёт погрешностей в  
старшей школе

## Расчет сопротивления проводника

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

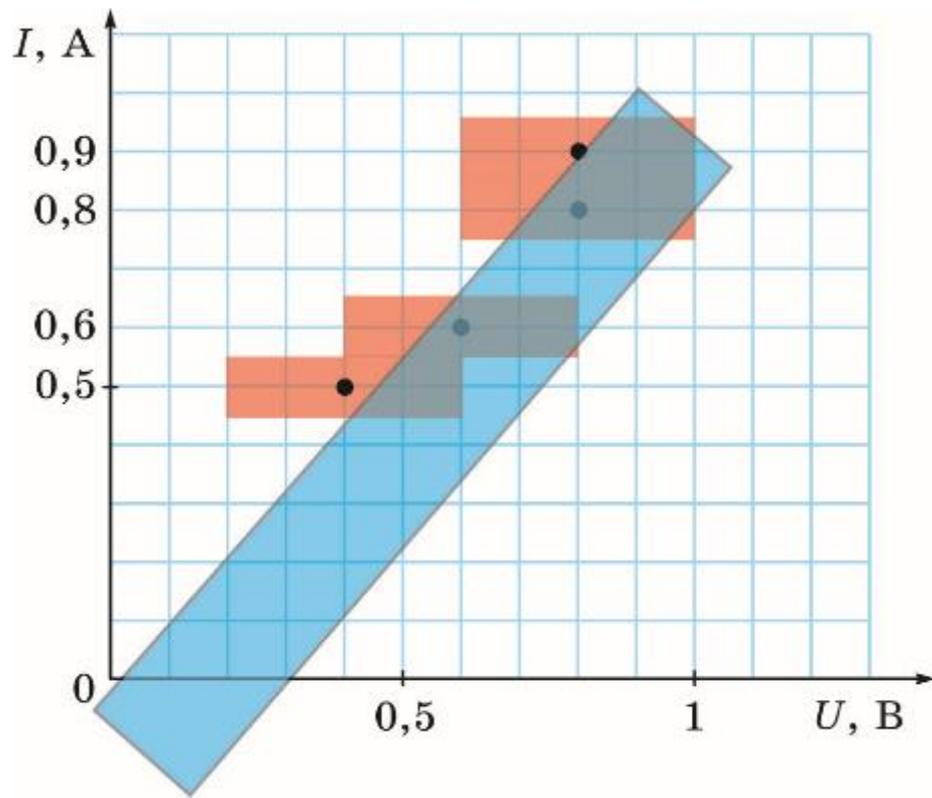
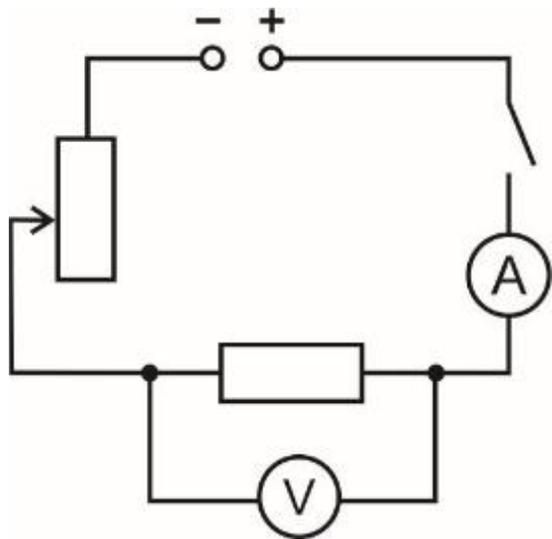
$$R = \frac{2,5 \text{ В}}{0,50 \text{ А}} = 5 \text{ Ом}$$

Результаты измерений с учётом погрешностей отложим на числовых осях



# Исследование зависимости силы тока в проводнике от напряжения на его концах.

$I, \text{ A}$	$0,50 \pm 0,05$	$0,60 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,05$	$0,90 \pm 0,05$
$U, \text{ B}$	$0,4 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,2$



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,  $I_0 = (0,92 \pm 0,03) \text{ A}$ .

## 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.

## 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.

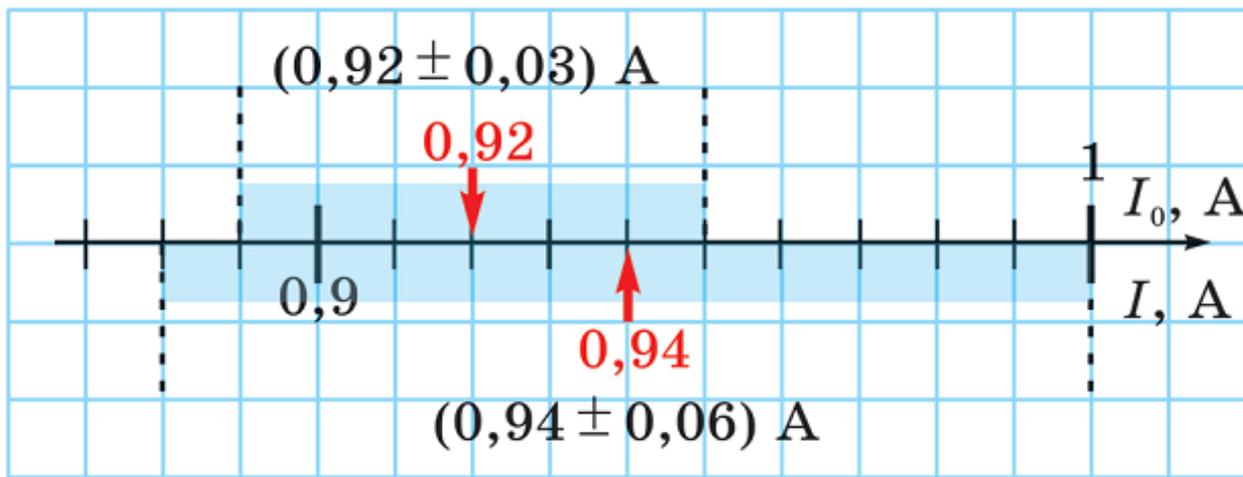
Из этих результатов следует, что  $I = I_1 + I_2 = (0,94 \pm 0,06)$  А.

## 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,  $I_0 = (0,92 \pm 0,03) \text{ A}$ .

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

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

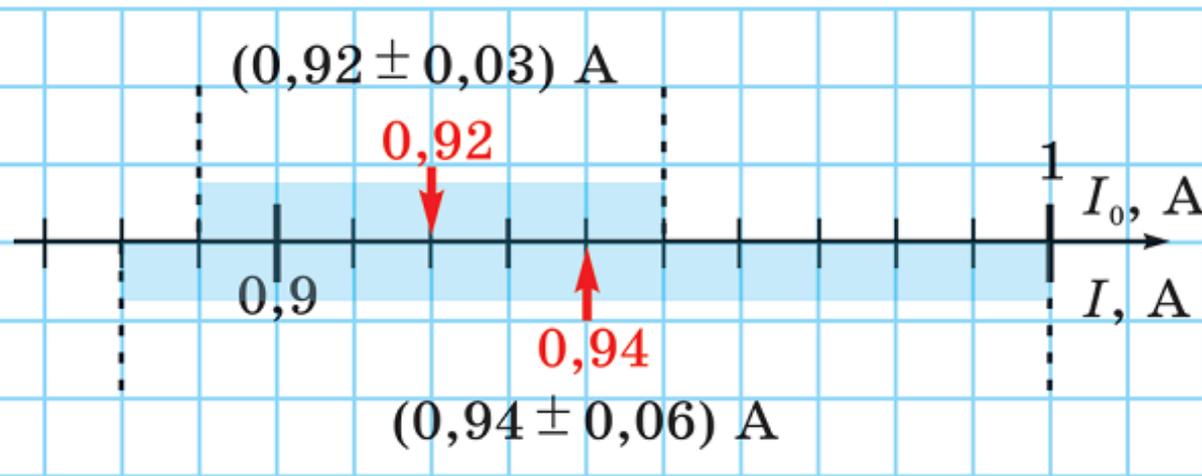


## Проверка утверждения, гласящего, что сила тока на участке цепи, содержащем два параллельно соединённых резистора, равна сумме сил тока в этих резисторах

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

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

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



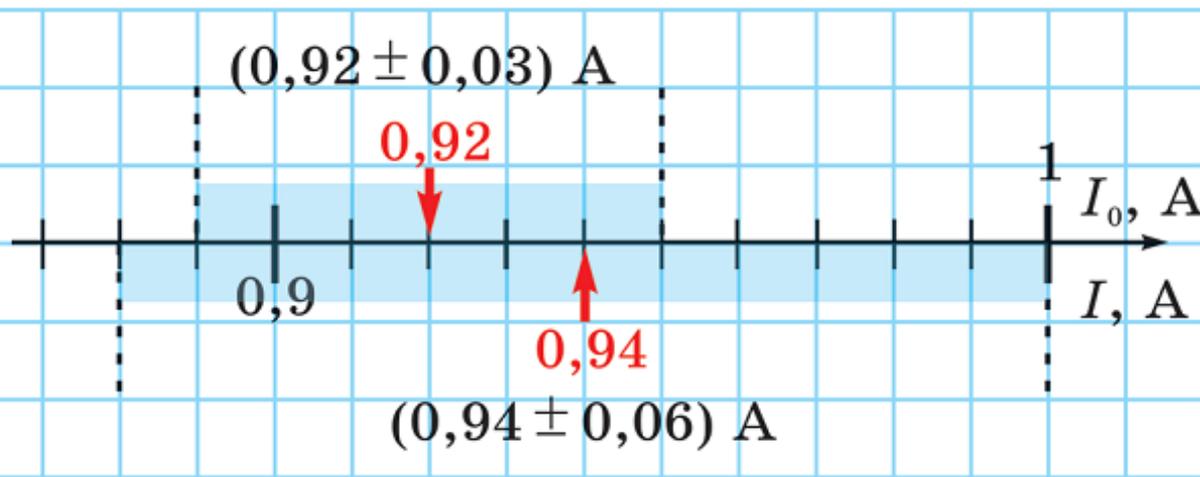
Интервалы значений  $I_0$  и  $I$  частично перекрываются

## 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,  $I_0 = (0,92 \pm 0,03) \text{ A}$ .

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

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

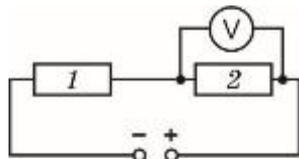


Интервалы значений  $I_0$  и  $I$  частично перекрываются



Опыт подтверждает  
указанное выше  
утверждение

## Лабораторная работа «Изучение последовательного соединения проводников» (8 класс)



$$U_1 = (2,8 \pm 0,2) \text{ В};$$

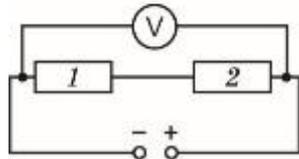
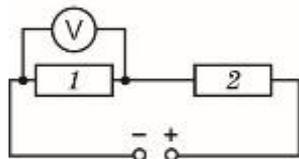
$$U_2 = (2,4 \pm 0,2) \text{ В};$$

$$U_{\text{изм}} = (5,4 \pm 0,2) \text{ В}$$

$$U_{\text{расч}} = (5,2 \pm 0,4) \text{ В}$$

$$I = (0,3 \pm 0,1) \text{ А}$$

$$\left. \begin{array}{l} U_1 = (2,8 \pm 0,2) \text{ В}; \\ U_2 = (2,4 \pm 0,2) \text{ В}; \\ U_{\text{изм}} = (5,4 \pm 0,2) \text{ В} \\ U_{\text{расч}} = (5,2 \pm 0,4) \text{ В} \end{array} \right\} \Rightarrow U = U_1 + U_2$$

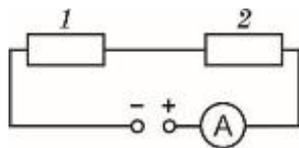


$$R_1 = \frac{U_1}{I} = 9,3 \text{ Ом};$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I} = 9 \text{ Ом};$$

$$R = \frac{U_{\text{изм}}}{I} = 18 \text{ Ом}$$

$$\left. \begin{array}{l} R_1 = \frac{U_1}{I} = 9,3 \text{ Ом}; \\ R_2 = \frac{U_2}{I} = 9 \text{ Ом}; \\ R = \frac{U_{\text{изм}}}{I} = 18 \text{ Ом} \end{array} \right\} \Rightarrow R = R_1 + R_2$$



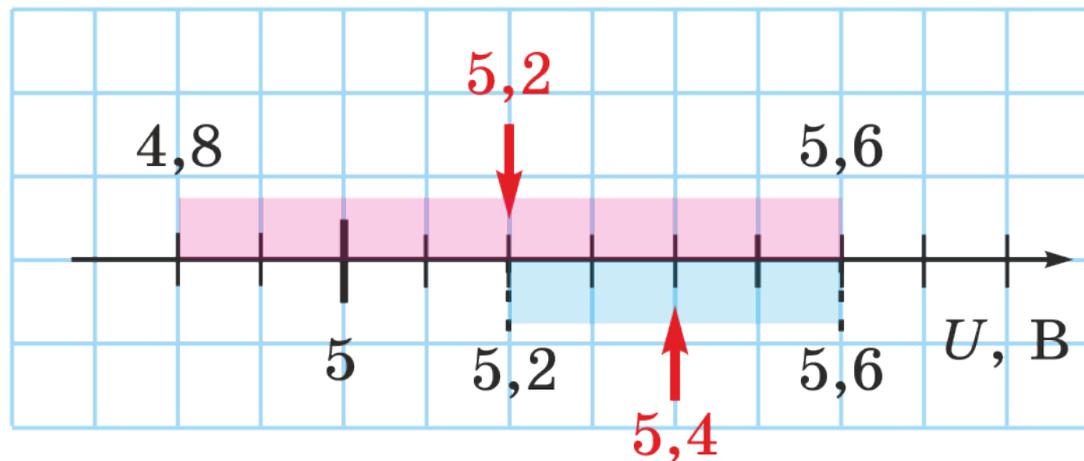
## Лабораторная работа «Изучение последовательного соединения проводников» (8 класс)

$$U_1 = (2,8 \pm 0,2) \text{ В};$$

$$U_2 = (2,4 \pm 0,2) \text{ В};$$

$$U_{\text{изм}} = (5,4 \pm 0,2) \text{ В}$$

$$U_{\text{расч}} = (5,2 \pm 0,4) \text{ В}$$



При нанесении результатов измерений на числовую ось (с учётом погрешностей) видим, что интервалы значений  $U_{\text{расч}}$  и  $U_{\text{изм}}$  частично перекрываются. Следовательно опыт подтверждает, что  $U = U_1 + U_2$ .

<b>Комплект № 4</b>	
<b>элементы оборудования</b>	<b>рекомендуемые характеристики<sup>(4)</sup></b>
• источник питания постоянного тока	выпрямитель с входным напряжением 36÷42 В или батарейный блок 1,5÷7,5 В с возможностью регулировки выходного напряжения
• собирающая линза 1	фокусное расстояние $F_1 = (100 \pm 10)$ мм
• собирающая линза 2	фокусное расстояние $F_2 = (50 \pm 5)$ мм
• рассеивающая линза 3	фокусное расстояние $F_3 = - (75 \pm 5)$ мм
• линейка	длина 300 мм с миллиметровыми делениями
• экран	
• направляющая	(оптическая скамья)
• слайд «Модель предмета»	
• осветитель	обеспечивает опыты с линзами и возможность получения узкого пучка для опыта с полуцилиндром
• полуцилиндр	диаметр $(50 \pm 5)$ мм, показатель преломления примерно 1,5
• планшет на плотном листе с круговым транспортиром	на планшете обозначено место для полуцилиндра

(4) Рекомендуемые характеристики элементов оборудования комплекта № 4 должны обеспечивать выполнение следующих опытов:

- измерение оптической силы собирающей линзы, фокусного расстояния собирающей линзы (по свойству равенства размеров предмета и изображения, когда предмет расположен в двойном фокусе), показателя преломления стекла;
- исследование свойства изображения, полученного с помощью собирающей линзы, изменения фокусного расстояния двух сложенных линз, зависимости угла преломления от угла падения на границе воздух–стекло.

## Комплект оборудования № 5

Комплект № 5 <sup>2</sup>	
элементы оборудования	рекомендуемые характеристики <sup>(5)</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• секундомер электронный с датчиками</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• направляющая со шкалой</li> </ul>	обеспечивает установку датчиков положения и установку пружины маятника
<ul style="list-style-type: none"> <li>• брусок деревянный с пусковым магнитом</li> </ul>	масса бруска ( $50 \pm 2$ ) г (одна из поверхностей бруска имеет отличный от других коэффициент трения скольжения)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• штатив с креплением для наклонной плоскости</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• транспортёр</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• нитяной маятник с грузом с пусковым магнитом и с возможностью изменения длины нити</li> </ul>	длина нити не менее 50 см, используется бифилярный подвес
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 груза</li> </ul>	масса по ( $100 \pm 2$ ) г каждый
<ul style="list-style-type: none"> <li>• пружина 1</li> </ul>	жёсткость ( $50 \pm 2$ ) Н/м
<ul style="list-style-type: none"> <li>• пружина 2</li> </ul>	жёсткость ( $20 \pm 2$ ) Н/м
<ul style="list-style-type: none"> <li>• мерная лента</li> </ul>	

- (5) Рекомендуемые характеристики элементов оборудования комплекта № 5 должны обеспечивать выполнение следующих опытов:
- измерение средней скорости движения бруска по наклонной плоскости; ускорения бруска при движении по наклонной плоскости, частоты и периода колебаний математического маятника, частоты и периода колебаний пружинного маятника (с электронным секундомером);
  - исследование зависимости ускорения бруска от угла наклона направляющей; периода (частоты) колебаний нитяного маятника от длины нити, периода колебаний пружинного маятника от массы груза и жесткости пружины; независимость периода колебаний нитяного маятника от массы груза.

## Комплект оборудования № 6

Комплект № 6	
элементы оборудования	рекомендуемые характеристики <sup>(6)</sup>
• штатив лабораторный с держателями	
• рычаг	длина не менее 40 см с креплениями для грузов
• блок подвижный	
• блок неподвижный	
• нить	
• три груза	масса по $(100 \pm 2)$ г каждого
• динамометр	предел измерения 5 Н ( $C = 0,1$ Н)
• линейка	длиной 300 мм с миллиметровыми делениями
• транспортир	

(6) Рекомендуемые характеристики элементов оборудования комплекта № 6 должны обеспечивать выполнение следующих опытов:

- измерение момента силы, действующего на рычаг, работы силы упругости при подъёме груза с помощью неподвижного блока, работы силы упругости при подъёме груза с помощью подвижного блока;
- проверка условия равновесия рычага.

<b>Комплект № 7<sup>3</sup></b>	
<b>элементы оборудования</b>	<b>рекомендуемые характеристики<sup>(7)</sup></b>
• калориметр	
• термометр	
• весы электронные	
• измерительный цилиндр (мензурка)	предел измерения 250 мл ( $C = 1$ мл)
• цилиндр стальной на нити; обозначить № 1	$V = (25,0 \pm 0,1) \text{ см}^3$ , $m = (189 \pm 2) \text{ г}$
• цилиндр алюминиевый на нити; обозначить № 2	$V = (25,0 \pm 0,1) \text{ см}^3$ , $m = (68 \pm 2) \text{ г}$
<i>Оборудование для использования специалистом по физике:</i>	
• чайник с термостатом (один на аудиторию)	устанавливается температура 70 °С
• термометр (один на аудиторию)	
• графин с водой комнатной температуры (один на аудиторию)	

- (7) Рекомендуемые характеристики элементов оборудования комплекта № 7 должны обеспечивать выполнение следующих опытов:
- измерение удельной теплоёмкости металлического цилиндра, количества теплоты, полученного водой комнатной температуры фиксированной массы, в которую опущен нагретый цилиндр, количества теплоты, отданного нагретым цилиндром, после опускание его в воду комнатной температуры;
  - исследование изменения температуры воды при различных условиях.

## 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  $A_{\text{cp}} = \frac{A_{\max} + A_{\min}}{2}$

## 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

$$m = 53 \pm 1 \text{ г};$$

$$V = 20 \pm 2 \text{ см}^3$$

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

## Оценка погрешностей косвенных измерений

Пример: измерение плотности.

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

$$m = 53 \pm 1 \text{ г};$$

$$V = 20 \pm 2 \text{ см}^3$$

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

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

## Оценка погрешностей косвенных измерений

Пример: измерение плотности.

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

$$m = 53 \pm 1 \text{ г};$$

$$V = 20 \pm 2 \text{ см}^3$$

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

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

## Оценка погрешностей косвенных измерений

Относительная погрешность измерения плотности:

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

## Оценка погрешностей косвенных измерений

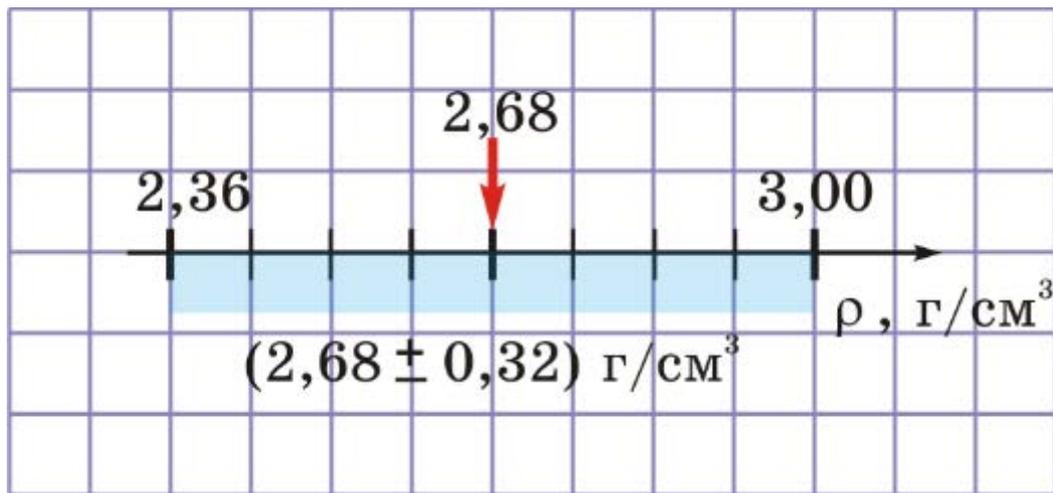
Относительная погрешность измерения плотности:  $\varepsilon = \frac{0,32}{2,68} \cdot 100\% = 12\%$

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

## Оценка погрешностей косвенных измерений

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

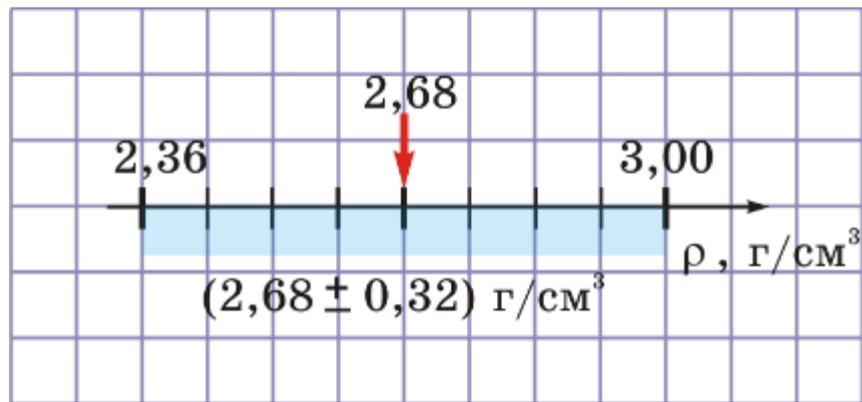
Результат измерения с указанием абсолютной и относительной погрешностей:  $\rho = 2,68 \pm 0,32 \text{ г/см}^3$ ;  $\varepsilon = 12\%$ .



## 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:  $\rho = 2,68 \pm 0,32 \text{ г/см}^3$ ;  $\varepsilon = 12\%$ .



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

**Ждем Вас на наши вебинары.**

**Всю информацию по УМК «физика» и  
вебинарам можно найти на сайте**

**«БИНОМ. Лаборатория знаний»**