



*Теория без практики мертва,
практика без теории слепа.
Александр Васильевич Суворов*

Учебный лабораторный эксперимент в структуре школьного курса физики

*Плотников Александр Прокопьевич, доцент
кафедры общей и теоретической физики
ТГПУ им. Л.Н.Толстого, кандидат физико-
математических наук*



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

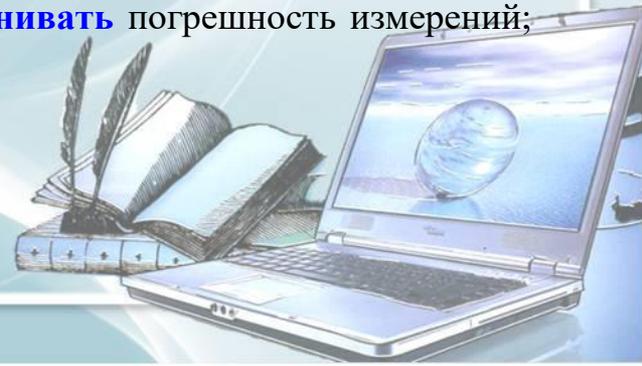
(в ред. Приказов Минпросвещения РФ от 18.07.2022 № 568, от 08.11.2022 № 955,
от 27.12.2023 № 1028, от 22.01.2024 № 31, от 19.02.2024 № 110, от 18.06.2025 № 467)

45.7.1. Предметные результаты по учебному предмету **«Физика» (на базовом уровне)** должны обеспечивать: (в ред. Приказа Минпросвещения РФ от 18.06.2025 № 467)

4) **умение проводить прямые и косвенные измерения физических величин** (расстояние, промежуток времени, масса тела, объем, сила, температура, относительная влажность воздуха, сила тока, напряжение, сопротивление) с использованием аналоговых и цифровых измерительных приборов; понимание неизбежности погрешностей физических измерений; умение находить значение измеряемой величины с помощью усреднения результатов серии измерений и **учитывать** погрешность измерений;

45.7.2. Предметные результаты по учебному предмету **«Физика» (на углубленном уровне)** должны обеспечивать: (в ред. Приказа Минпросвещения РФ от 18.06.2025 № 467)

4) **навык проводить прямые и косвенные измерения физических величин** (расстояние, промежуток времени, масса тела, объем, сила, температура, относительная влажность воздуха, сила тока, напряжение, сопротивление) с использованием аналоговых или цифровых измерительных приборов; понимание неизбежности погрешностей физических измерений; умение находить значение измеряемой величины с помощью усреднения результатов серии измерений и **оценивать** погрешность измерений; умение обосновать выбор метода измерения;



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования

(утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. N 413)

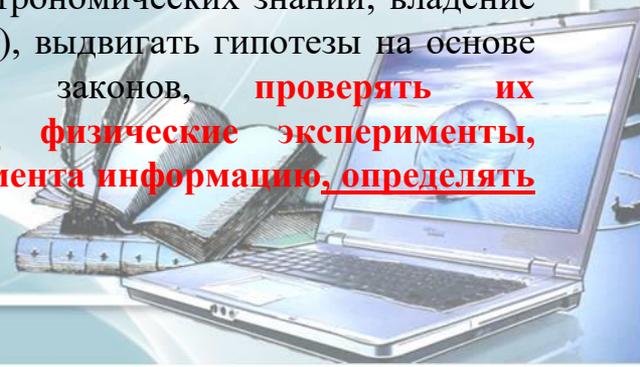
С изменениями и дополнениями от: 29 декабря 2014 г., 31 декабря 2015 г., 29 июня 2017 г., 24 сентября, 11 декабря 2020 г., 12 августа 2022 г., 27 декабря 2023 г., 12 февраля 2025 г.

9.12. По учебному предмету **«Физика» (базовый уровень)** требования к предметным результатам освоения базового курса физики должны отражать:

б) владение основными методами научного познания, используемыми в физике: **проводить прямые и косвенные измерения физических величин**, выбирая оптимальный способ измерения и **используя известные методы оценки погрешностей измерений, проводить исследование зависимостей физических величин с использованием прямых измерений, объяснять полученные результаты, используя физические теории, законы и понятия, и делать выводы**; соблюдать правила безопасного труда при проведении исследований в рамках учебного эксперимента и учебно-исследовательской деятельности с использованием цифровых измерительных устройств и лабораторного оборудования; сформированность представлений о методах получения научных астрономических знаний;

По учебному предмету **«Физика» (углубленный уровень)** требования к предметным результатам освоения углубленного курса физики должны включать требования к результатам освоения базового курса и дополнительно отражать:

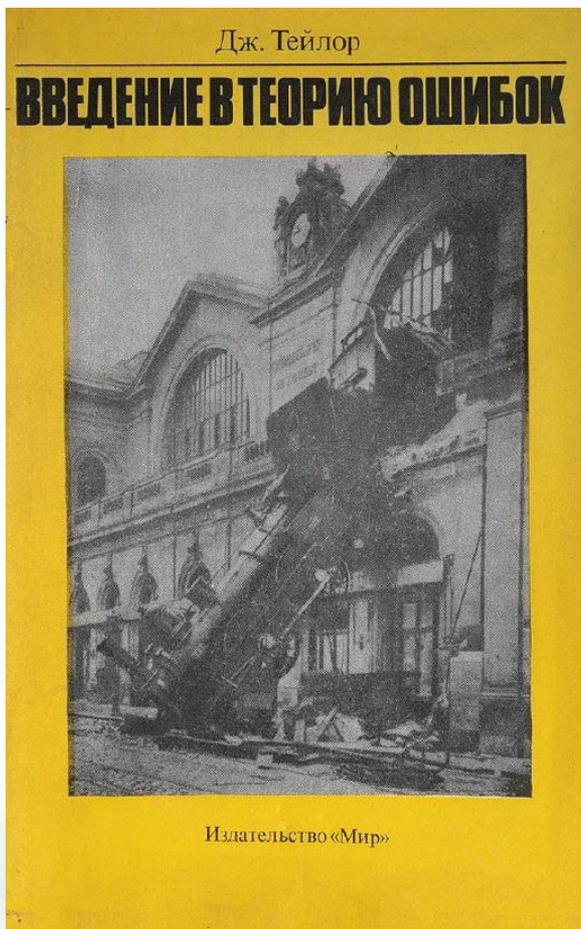
8) сформированность представлений о методах получения научных астрономических знаний; владение умениями самостоятельно формулировать цель исследования (проекта), выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов, **проверять их экспериментальными средствами; планировать и проводить физические эксперименты, описывать и анализировать полученную при выполнении эксперимента информацию, определять достоверность полученного результата**;



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

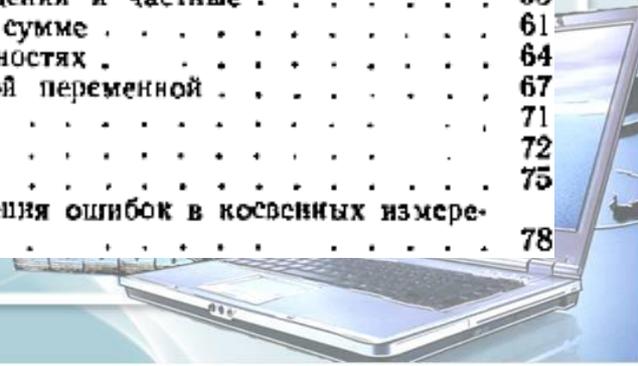
Тейлор Дж.

Введение в теорию ошибок. Пер. с англ.— М.: Мир, 1985. — 272 с., ил.



ЧАСТЬ I

Глава 1. Предварительное знакомство с теорией ошибок	12
1.1. Ошибки как погрешности	12
1.2. Неизбежность погрешностей	12
1.3. Как важно знать погрешности	14
1.4. Другие примеры	16
1.5. Оценка погрешностей при считывании со шкалы	18
1.6. Оценка погрешностей в случае многократных измерений	21
Глава 2. Как приводить и использовать погрешности	24
2.1. Наилучшая оценка \pm погрешность	24
2.2. Значащие цифры	26
2.3. Различие	28
2.4. Сравнение измеренного и принятого значений	29
2.5. Сравнение двух измеренных значений	31
2.6. Проверка пропорциональности с помощью графика	34
2.7. Относительные погрешности	39
2.8. Значащие цифры и относительные погрешности	40
2.9. Умножение двух измеренных значений	41
Глава 3. Погрешности в косвенных измерениях	49
3.1. Погрешности в прямых измерениях	50
3.2. Суммы и разности; произведения и частные	53
3.3. Независимые погрешности в сумме	61
3.4. Еще о независимых погрешностях	64
3.5. Произвольная функция одной переменной	67
3.6. Метод «шаг за шагом»	71
3.7. Примеры	72
3.8. Более сложный пример	75
3.9. Общая формула для вычисления ошибок в косвенных измерениях	78



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

ПРАВИЛА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Прямые измерения

1. Провести измерение физической величины с помощью измерительного прибора. Количество измерений N определяется в описании к выполнению лабораторной работы.

2. Если какой-либо результат измерения резко отличается по своему значению от остальных, то следует проверить не обусловлен ли он промахом по процедуре. Если это так, то данный результат нужно перемерить и повторить расчет по формуле.

3. Результаты измерений записать в таблицу.

4. Вычислить выборочное среднее из N измерений:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i .$$

4. Вычислить статистическую погрешность:

$$\Delta_{\text{СТАТ}} = \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|}{N} .$$

5. Определить различные составляющие погрешностей средств измерений.

Среди них:

$\Delta_{\text{П}}$ – погрешность прибора;

$\Delta_{\text{О}} = \frac{\omega}{2}$ – погрешность отсчёта, где ω – цена деления прибора;

$\Delta_{\text{СУБ}}$ – субъективная погрешность.

6. Вычислить абсолютную погрешность по формуле:

$$\Delta x = \Delta_{\text{СТАТ}} + \Delta_{\text{П}} + \Delta_{\text{О}} + \Delta_{\text{СУБ}} .$$

7. Результат записать в виде:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x .$$

При записи результата в абсолютную погрешность следует добавить погрешность вычисления $\Delta x_{\text{с}}$.



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

Косвенные измерения

Пусть требуется измерить величину $q=q(x_1, x_2, \dots, x_N)$, где x_1, x_2, \dots, x_N определяют прямыми измерениями.

1. Для каждой величины x_i произвести расчеты по процедуре, рассмотренной для прямых измерений и записать результаты в виде:

$$x_i = \bar{x}_i \pm \Delta x_i .$$

2. Вычислить среднее значение физической величины, определяемой косвенным способом

$$\bar{q} = q(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) .$$

3. Вычислить абсолютную погрешность Δq , учитывая, что:

для суммы ($q=x+y$) или разности ($q=x-y$) $\Rightarrow \Delta q = \Delta x + \Delta y$

для произведения ($q = x \cdot y$) и частного $\left(q = \frac{x}{y} \right) \Rightarrow \varepsilon_q = \varepsilon_x + \varepsilon_y$

4. При вычислениях среднего значения и погрешности удобно использовать метод «Шаг за шагом» или метод «Границ».

5. Конечный результат записать в виде

$$q = \bar{q} \pm \Delta q .$$

При записи результата в абсолютную погрешность следует добавить погрешность вычисления Δx_e .



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве примера можно привести следующий вид представления результата измерения модуля ускорения свободного падения:

модуль ускорение свободного падения $g = (9,83 \pm 0,044) \text{ м/с}^2$,

относительная погрешность $\varepsilon_g = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \cdot 100\% = 0,45\%$.

Или:

модуль ускорение свободного падения $g = (9,83 \pm 0,05) \text{ м/с}^2$,

относительная погрешность $\varepsilon_g = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \cdot 100\% = 0,5\%$.

Погрешность должна содержать одну или две значащие цифры. *Значащими цифрами числа называют все его цифры, начиная с первой, отличной от нуля слева.* Погрешность следует округлять в сторону увеличения, чтобы при округления истинное значение измеряемой величины не вышло за пределы $\bar{x} - \Delta x \leq X \leq \bar{x} + \Delta x$.

Среднее значение должно содержать все верные цифры и одну, следующую за ними. *Цифра называется верной, если значение абсолютной погрешности не превышает единицы того разряда, к которому принадлежит эта цифра.*



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ИЗМЕРЕНИЕ МОДУЛЯ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАЯТНИКА

Цель работы: вычислить модуль ускорения свободного падения по формуле для периода математического маятника.

Оборудование: секундомер с ценой деления 0,01с, линейка с ценой деления 1 см, штатив с муфтой и лапкой, нить, шарик с отверстием.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Период колебаний математического маятника определяется по формуле: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$,

где T – период колебания математического маятника; l – длина математического маятника (расстояние от точки подвеса нити до центра шарика); g – модуль ускорения свободного падения. Для повышения точности измерения для определения периода колебаний T измеряют

время t для n колебаний и используют формулу: $T = \frac{t}{n}$. Отсюда для определения модуля

ускорения свободного падения получим: $g = \frac{4\pi^2 \cdot l \cdot n^2}{t^2}$.



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

2. КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Формула для расчёта среднего значения измеряемой величины:

$$\bar{g} = \frac{4\bar{\pi}^2 \cdot \bar{l} \cdot \bar{n}^2}{\bar{t}^2}.$$

Формула для расчёта относительной погрешности измеряемой величины:

$$\varepsilon_g = \frac{2\Delta\bar{\pi}}{\bar{\pi}} + \frac{\Delta\bar{l}}{\bar{l}} + \frac{2\Delta\bar{n}}{\bar{n}} + \frac{2\Delta\bar{t}}{\bar{t}}.$$

Формула для расчёта абсолютной погрешности измеряемой величины:

$$\Delta g = \bar{g} \cdot \varepsilon_g.$$

Итоговый результат:

$$g = \bar{g} \pm \Delta g, \varepsilon_g = \quad \%.$$

3. ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Для выполнения косвенных измерений необходимо выполнение прямых измерений, результаты которых должны быть представлены в следующем виде:

$$\begin{cases} t = \bar{t} \pm \Delta\bar{t}, \\ l = \bar{l} \pm \Delta\bar{l}, \\ N = \bar{n} \pm \Delta\bar{n}, \\ \pi = \bar{\pi} \pm \Delta\bar{\pi}. \end{cases}$$



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В рамках практической части осуществлялось прямое измерение:

- времени $n=40$ колебаний маятника;
- однократное измерение длины маятника;
- определение численного значения числа π , которое необходимо при выполнении лабораторной работы.

5. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

При использовании указанные в оборудовании средств измерения были получены следующие результаты:

Номер опыта	$\bar{l}, м$	\bar{n}	$t_i, с$	$ \bar{t} - t_i , с$
1	1,28	40	90,65	0,036
2			90,72	0,034
3			90,66	0,026
4			90,71	0,024
5			90,69	0,004
			$\bar{t} = 90,69 с$	$t_{\text{СТАТ}} = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{t} - t_i)}{N} = 0,025 с$



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ МАЯТНИКА

$$\bar{l} = 1,28 \text{ м}; \Delta l = \Delta l_{\text{СТАТ}} + \Delta l_{\text{П}} + \Delta l_{\text{О}} + \Delta l_{\text{СУБ}} = (0 + 0,005 + 0,005 + 0) \text{ м} = 0,01 \text{ м},$$

$$l = (1,28 \pm 0,01) \text{ м}.$$

ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ КОЛЕБАНИЙ МАЯТНИКА

$$\bar{t} = 90,7 \text{ с}; \Delta t = \Delta t_{\text{СТАТ}} + \Delta t_{\text{П}} + \Delta t_{\text{О}} + \Delta t_{\text{СУБ}} = (0,025 + 0,01 + 0,005 + 0,2) \text{ с} = 0,25 \text{ с}.$$

$$t = (90,7 \pm 0,25) \text{ с}.$$

ИЗМЕРЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА КОЛЕБАНИЙ МАЯТНИКА

$$\bar{n} = 40; \Delta n = 0.$$

$$n = \bar{n} = 40.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ ЧИСЛА π .

$$\frac{\Delta \pi}{\bar{\pi}} \leq 0,1 \cdot \max \left(\frac{\Delta l}{\bar{l}}, \frac{\Delta t}{\bar{t}} \right) = 0,1 \cdot \max \left(\frac{0,01}{1,28}; \frac{0,25}{90,7} \right) = 0,1 \cdot \max (0,0078; 0,0028).$$

$$\pi = 3,140 \pm 0,0016.$$

$$\text{ИТОГ} \left\{ \begin{array}{l} l = (1,28 \pm 0,01) \text{ м}; \\ t = (90,7 \pm 0,25) \text{ с}; \\ n = \bar{n} = 40 \\ \pi = 3,140 \pm 0,0016. \end{array} \right.$$



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

6. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРАВИЛ ПРИБЛИЖЁННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

$$\bar{g} = \frac{4\bar{\pi}^2 \cdot \bar{l} \cdot \bar{n}^2}{\bar{t}^2} = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,28 \cdot 40^2}{90,7^2} \frac{м}{с^2} = 9,818 \frac{м}{с^2}$$

$$\varepsilon_g = \frac{2\Delta\bar{\pi}}{\bar{\pi}} + \frac{\Delta\bar{l}}{\bar{l}} + \frac{2\Delta\bar{n}}{\bar{n}} + \frac{2\Delta\bar{t}}{\bar{t}} = \frac{2 \cdot 0,0016}{3,140} + \frac{0,01}{1,28} + 0 + \frac{2 \cdot 0,25}{90,7} =$$
$$= 0,00102 + 0,00781 + 0,00552 = 0,0144.$$

$$\Delta g = 9,818 \cdot 0,0144 \frac{м}{с^2} = 0,142 \frac{м}{с^2}$$

$$g = (9,8 \pm 0,16) \frac{м}{с^2}, \varepsilon_g = 1,5\%.$$

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАЛЬКУЛЯТОРА

$$\bar{g} = \frac{4\bar{\pi}^2 \cdot \bar{l} \cdot \bar{n}^2}{\bar{t}^2} = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,28 \cdot 40^2}{90,7^2} \frac{м}{с^2} = 9,812625 \frac{м}{с^2}$$

$$\varepsilon_g = \frac{2\Delta\bar{\pi}}{\bar{\pi}} + \frac{\Delta\bar{l}}{\bar{l}} + \frac{2\Delta\bar{n}}{\bar{n}} + \frac{2\Delta\bar{t}}{\bar{t}} = \frac{2 \cdot 0,0016}{3,140} + \frac{0,01}{1,28} + 0 + \frac{2 \cdot 0,25}{90,7} = 0,0143442.$$

$$\Delta g = 9,812625 \cdot 0,0143442 \frac{м}{с^2} = 0,1407542 \frac{м}{с^2}$$

$$g = (9,8 \pm 0,16) \frac{м}{с^2}, \varepsilon_g = 1,5\%.$$



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА «ШАГ ЗА ШАГОМ»

$$\pi^2 =$$

a	Δa	b	Δb	ФУНКЦИИ	Y	ΔY	ϵ
	±		±	$Y = a + b$	0	± 0,0	#ДЕЛ/0!
	±		±	$Y = a - b$	0	± 0,0	#ДЕЛ/0!
3,14	± 0,0016	3,14	± 0,0016	$Y = a \cdot b$	9,8596	± 0,01005	0,10%
	±		±	$Y = a / b$	#ДЕЛ/0!	± #ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!

$$n^2 =$$

a	Δa	b	Δb	ФУНКЦИИ	Y	ΔY	ϵ
	±		±	$Y = a + b$	0	± 0,0	#ДЕЛ/0!
	±		±	$Y = a - b$	0	± 0,0	#ДЕЛ/0!
40	± 0	40	± 0	$Y = a \cdot b$	1600	± 0,00000	0,00%
	±		±	$Y = a / b$	#ДЕЛ/0!	± #ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!

$$4\pi^2 =$$

a	Δa	b	Δb	ФУНКЦИИ	Y	ΔY	ϵ
	±		±	$Y = a + b$	0	± 0,0	#ДЕЛ/0!
	±		±	$Y = a - b$	0	± 0,0	#ДЕЛ/0!
9,86	± 0,011	4	±	$Y = a \cdot b$	39,44	± 0,04400	0,11%
	±		±	$Y = a / b$	#ДЕЛ/0!	± #ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!

$$4\pi^2 n^2 =$$

a	Δa	b	Δb	ФУНКЦИИ	Y	ΔY	ϵ
	±		±	$Y = a + b$	0	± 0,0	#ДЕЛ/0!
	±		±	$Y = a - b$	0	± 0,0	#ДЕЛ/0!
39,44	± 0,044	1600	±	$Y = a \cdot b$	63104	± 70,40000	0,11%
	±		±	$Y = a / b$	#ДЕЛ/0!	± #ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

$$\frac{4\pi^2 n^2}{t^2} =$$

a	Δa	b	Δb	ФУНКЦИИ	Y	ΔY	ε
	±		±	Y = a + b	0 ±	0,0	#ДЕЛ/0!
	±		±	Y = a - b	0 ±	0,0	#ДЕЛ/0!
39,44 ±	0,044	1600 ±		Y = a · b	63104 ±	70,40000	0,11%
63104 ±	70,4	8226 ±	45	Y = a / b	7,67 ±	0,05052369	0,7%

$$\frac{4\pi^2 n^2 l}{t^2} =$$

a	Δa	b	Δb	ФУНКЦИИ	Y	ΔY	ε
	±		±	Y = a + b	0 ±	0,0	#ДЕЛ/0!
	±		±	Y = a - b	0 ±	0,0	#ДЕЛ/0!
7,67 ±	0,051	1,28 ±	0,01	Y = a · b	9,8176 ±	0,14198	1,45%
	±		±	Y = a / b	#ДЕЛ/0! ±	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!

$$g = (9,8 \pm 0,15) \frac{M}{c^2}, \varepsilon_g = 1,5\%.$$



СПОСОБ ГРАНИЦ

В книге Лисичкин В.Т., Соловейчик И.Л. Математика: Учеб. Пособие для техникумов. – М.: Высш. шк., 1991. – 480 с. указывается, что «наилучшим в смысле строгости из известных способов приближенных вычислений является способ границ». Данный способ применяется при выполнении косвенных измерений.

При выполнении косвенных измерений для величин $НГa \leq a \leq ВГа$ и $НГb \leq b \leq ВГb$ с использованием четырех арифметических действий ($a+b$, $a-b$, $a \times b$, a/b) используются правила использования способа границ, которые отражены в следующей таблице

Арифметическое действие	Правило способа границ
$a+b$	$НГ(a+b) = НГа + НГb$; $ВГ(a+b) = ВГа + ВГb$
$a-b$	$НГ(a-b) = НГа - ВГb$; $ВГ(a-b) = ВГа - НГb$
$a \times b$	$НГ(a \times b) = НГа \times НГb$; $ВГ(a \times b) = ВГа \times ВГb$
a/b	$НГ(a/b) = НГа / ВГb$; $ВГ(a/b) = ВГа / НГb$



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПОСОБА ГРАНИЦ

$$\pi^2 =$$

НГ a	ВГ a	НГ b	ВГ b	ФУНКЦИИ	НГ результата	ВГ результата	Среднее значение	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
				$Y = a + b$	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
				$Y = a - b$	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
3,13800	3,14160	3,13800	3,14160	$Y = a \cdot b$	9,84704	9,86965	9,85835	0,01130	0,115%
				$Y = a / b$	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!

$$n^2 =$$

НГ a	ВГ a	НГ b	ВГ b	ФУНКЦИИ	НГ результата	ВГ результата	Среднее значение	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
				$Y = a + b$	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
				$Y = a - b$	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
40,00000	40,00000	40,00000	40,00000	$Y = a \cdot b$	1600,000	1600,000	1600,00000	0,00000	0,000%
				$Y = a / b$	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!

$$4\pi^2 =$$

НГ a	ВГ a	НГ b	ВГ b	ФУНКЦИИ	НГ результата	ВГ результата	Среднее значение	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
				$Y = a + b$	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
				$Y = a - b$	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
4,00000	4,00000	9,84704	9,86965	$Y = a \cdot b$	39,38816	39,47860	39,43338	0,04522	0,115%
				$Y = a / b$	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!

$$4\pi^2 n^2 =$$

НГ a	ВГ a	НГ b	ВГ b	ФУНКЦИИ	НГ результата	ВГ результата	Среднее значение	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
				$Y = a + b$	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
				$Y = a - b$	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
1600,00	1600,00	39,38816	39,47860	$Y = a \cdot b$	63021,06	63165,76	63093,40800	72,35200	0,115%
				$Y = a / b$	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

$$t^2 =$$

НГ a	ВГ a	НГ b	ВГ b	ФУНКЦИИ	НГ результата	ВГ результата	Среднее значение	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
	±		±	$Y = a + b$	0,00000	± 0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
	±		±	$Y = a - b$	0,00000	± 0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
90,45	±	90,95	±	$Y = a \cdot b$	8181,20	± 8271,90	8226,55250	45,35000	0,551%
	±		±	$Y = a / b$	#ДЕЛ/0!	± #ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!

$$\frac{4\pi^2 n^2}{t^2} =$$

НГ a	ВГ a	НГ b	ВГ b	ФУНКЦИИ	НГ результата	ВГ результата	Среднее значение	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
	±		±	$Y = a + b$	0,00000	± 0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
	±		±	$Y = a - b$	0,00000	± 0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
	±		±	$Y = a \cdot b$	0,00	± 0,00	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
63021,06	±	63165,00	±	$Y = a / b$	7,61869	± 7,72075	7,66972	0,05103	0,665%

$$\frac{4\pi^2 n^2 l}{t^2} =$$

НГ a	ВГ a	НГ b	ВГ b	ФУНКЦИИ	НГ результата	ВГ результата	Среднее значение	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
	±		±	$Y = a + b$	0,00000	± 0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
	±		±	$Y = a - b$	0,00000	± 0,00000	0,00000	0,00000	#ДЕЛ/0!
7,61869	±	7,72075	±	$Y = a \cdot b$	9,68	± 9,96	9,81775	0,14202	1,447%
	±		±	$Y = a / b$	#ДЕЛ/0!	± #ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!

$$g = (9,8 \pm 0,16) \frac{M}{c^2}, \varepsilon_g = 1,5\%.$$



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

Параметры измерения времени t		ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ							
		Измерения времени t			Измерения времени t				
Количество измерений $N=$	5	№ п/п	t_i, c	$ t_i - \bar{t} , c$	Длина маятника $l = \bar{l} \pm \Delta \bar{l}$	№ п/п	t_i, c	$ t_i - \bar{t} , c$	Длина маятника $l = \bar{l} \pm \Delta \bar{l}$
Приборная погрешность =	0,01	1	11,24	0,004	$l = (1,28 \pm 0,010) м$	1	90,65	0,036	$l = (1,28 \pm 0,010) м$
Цена деления прибора =	0,01	2	11,25	0,006		Число колебаний $n = \bar{n} \pm \Delta \bar{n}$	2	90,72	
Субъективная погрешность =	0,2	3	11,24	0,004	$n = 5 \pm 0$		3	90,66	0,026
		4	11,25	0,006		$\pi = \bar{\pi} \pm \Delta \bar{\pi}$	4	90,71	0,024
		5	11,24	0,004	$\pi = 3,140000 \pm 0,0050000$		5	90,69	0,004
Погрешности измерения времени t		$\bar{t} = 11,244 c$					$\bar{t} = 90,686 c$		
$\Delta t_n = 0,01000 c$		$\Delta t_{ст} = 0,00480 c$				$\Delta t_{ст} = 0,02480 c$			
$\Delta t_{опр} = 0,00500 c$		$\frac{\sum_{i=1}^N t_i - \bar{t} }{N} = 0,00480$				$\frac{\sum_{i=1}^N t_i - \bar{t} }{N} = 0,0248$			
$\Delta t_{суб} = 0,20000 c$		Время n колебаний $t = \bar{t} \pm \Delta \bar{t}$				Время n колебаний $t = \bar{t} \pm \Delta \bar{t}$			
		$t = (11,24400 \pm 0,219800) c$				$t = (90,68600 \pm 0,239800) c$			
		Относительные погрешности				Относительные погрешности			
		$\varepsilon_t = 1,9548\%$				$\varepsilon_t = 0,2644\%$			
		$\varepsilon_n = 0,0000\%$				$\varepsilon_n = 0,0000\%$			
		$\varepsilon_l = 0,7813\%$				$\varepsilon_l = 0,7813\%$			
		$\varepsilon_{\pi} = 0,1592\%$				$\varepsilon_{\pi} = 0,1592\%$			
		КОСВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ				КОСВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ			
		$g = g \pm \Delta g$				$g = g \pm \Delta g$			
		$g = (9,98223 \pm 0,5000461) м/с^2$				$g = (9,82129 \pm 0,1599476) м/с^2$			
		$\varepsilon_g = 5,0094\%$				$\varepsilon_g = 1,6286\%$			



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

Содержание теории погрешности в учебниках общеобразовательной школы

ОСНОВНОЕ ОБЩЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ						
↓Элементы теории	Литература→	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]
Понятия прямого и косвенного измерения					+	
Понятие цены деления прибора		+	+	+		
Понятие погрешности измерений		+	+			
Понятие истинного значения физической величины					+	
Обоснование среднего как наилучшей оценки истинного значения измеряемой физической величины			+			
Понятие статистической погрешности						
Понятие приборной погрешности		+	+		+	
Приборные погрешности средств измерения						
Понятие погрешности отсчёта			+		+	
Понятие субъективной погрешности						
Понятие промаха						
Понятие абсолютной погрешности			+		+	
Абсолютная погрешность прямых измерений как сумма погрешностей		+	+		+	
Понятие относительной погрешности					+	
Понятие класса точности электронизмерительных приборов						
Введение формулы записи результата измерения		+	+		+	
Требование к количеству цифр в среднем значении					+	
Требование к количеству цифр в погрешности					+	

12. Перышкин А. В. Физика. 7 класс. – 3-е изд., – М.: Дрофа, 2000.

13. Перышкин И.М. Физика: 7-й класс: – 3-е изд. Москва: Просвещение, 2023.

14. Громов С.В., Родина Н.А. Физика: Учеб. для 7 класс. – М.: Просвещение. 1999.

15. Грачёв А. В. Физика: 8 класс. – 6-е изд., стереотип. – М.: Просвещение, 2021.

16. Перышкин А.В. Физика. 8 класс. – 3-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2001.



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

Содержание теории погрешности в учебниках общеобразовательной школы

СРЕДНЕЕ ОБЩЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

↓Элементы теории	Литература→	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]	[22]	[23]	[24]	[25]	[26]
Понятия прямого и косвенного измерения				+	+	+				+	
Понятие цены деления прибора											
Понятие погрешности измерений				+	+	+				+	
Понятие истинного значения физической величины				+						+	
Обоснование среднего как наилучшей оценки истинного значения измеряемой физической величины			+	+	+	+				+	
Понятие статистической погрешности			+	+	+	+				+	
Понятие приборной погрешности				+	+	+				+	
Приборные погрешности средств измерения			+		+	+					
Понятие погрешности отсчёта				+	+	+					
Понятие субъективной погрешности											
Понятие промаха				+						+	
Понятие абсолютной погрешности			+	+	+	+				+	
Абсолютная погрешность прямых измерений как сумма погрешностей			+	+	+	+				+	
Понятие относительной погрешности			+	+	+	+				+	
Понятие класса точности электроизмерительных приборов			+	+	+	+					
Введение формулы записи результата измерения			+		+	+				+	
Требование к количеству цифр при записи среднего значения			+	+	+	+				+	
Требование к количеству цифр при записи погрешности			+	+	+	+				+	
Формулы расчета погрешностей косвенных измерений			+	+	+	+				+	

17. Буховцев Б.Б. и др. Физика: 9 класс. – 1988.
 19. Грачёв А.В. и др. Физика: 10 класс – 2021.
 21. Мякишев Г.Я. и др. Физика: 10 класс – 2008.
 23. Кикоин А.К. и др. Физика: 10 класс – 2006.
 25. Касьянов В.А. и др. Физика: 10 класс – 2019.

18. Мякишев Г.Я. и др. Физика: 10 класс – 1994.
 20. Мякишев Г.Я. и др. Физика: – 2001.
 22. Кабардин О.Ф. и др. Физика: 10 класс – 2003.
 24. Громов С.В. и др. Физика: 11 класс
 26. Касьянов В.А. и др. Физика. 11 класс – 2020.



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

Физика: 10 класс: базовый и углублённый уровни/ Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н.; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 11-е изд., стер. – Москва: Просвещение, 2024. – 432 с. (Классический курс)

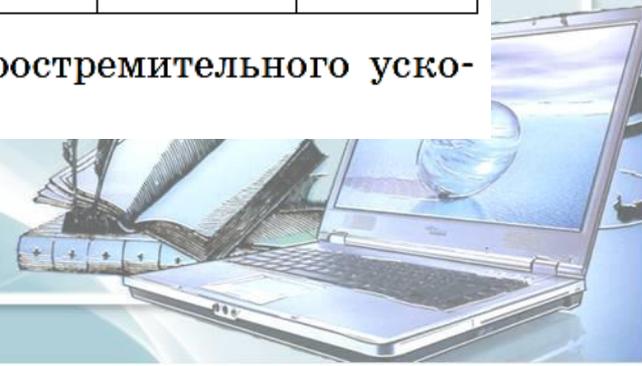
№ 1. ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО

Номер опыта	h , см	t_i , с	t_{cp} , с	$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, с	l_i , см	$v_i = \frac{l_i}{t_{cp}}$, см/с

№ 2. ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ

Номер опыта	R , м	N	Δt , с	$T = \frac{\Delta t}{N}$, с	h , м	m , кг	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$, м/с ²	$a_n = \frac{gR}{h}$, м/с ²	$a_n = \frac{F_1}{m}$, м/с ²

Сравнивая полученные три значения модуля центростремительного ускорения, убеждаемся, что они примерно одинаковы.



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

№ 3. ИЗМЕРЕНИЕ ЖЁСТКОСТИ ПРУЖИНЫ

Номер опыта	P , Н	x , мм	h_0 , мм	h_i , мм	Δh_i , мм	$k_1 = \frac{P}{x}$, Н/м	$k_{1\text{ср}}$, Н/м	$k_2 = \frac{P}{\Delta h_i}$, Н/м	$k_{2\text{ср}}$, Н/м

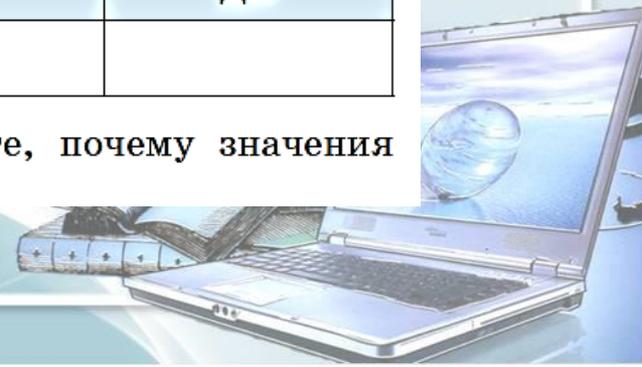
№ 4. ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

Номер опыта	l , см	h_1 , см	h_2 , см	d_1 , см	μ_1	$\mu_{1\text{ср}}$	d_2 , см	μ_2	$\mu_{2\text{ср}}$

№ 5. ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

$F_T = mg$, Н	l , м	Δl , м	$F_{\text{упр}}$, Н	$h = l + \Delta l$, м	$E'_п = mg(l + \Delta l)$, Дж	$E''_п = F_{\text{упр}} \frac{\Delta l}{2}$, Дж

12. Сравните значения энергий $E'_п$ и $E''_п$. Подумайте, почему значения этих энергий совпадают не совсем точно.



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

№ 6. ИЗУЧЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ ТЕЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСКОЛЬКИХ СИЛ

Номер опыта	F ₁ , Н	F ₂ , Н	F ₃ , Н

Номер опыта	m ₁ , г	l ₁ , см	m ₂ , г	l ₂ , см	m ₃ , г	l ₃ , см	m ₄ , г	l ₄ , см

№ 7. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНА ГЕЙ-ЛЮССАКА

Измерено					Вычислено													
l ₁ , мм	l ₂ , мм	t ₁ , °C	t ₂ , °C	Δ _и l, мм	Δ _о l, мм	Δl, мм	T ₁ , К	T ₂ , К	Δ _и T, К	Δ _о T, К	ΔT, К	l ₁ /l ₂	ε ₁ , %	Δ ₁	T ₁ /T ₂	ε ₂ , %	Δ ₂	



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

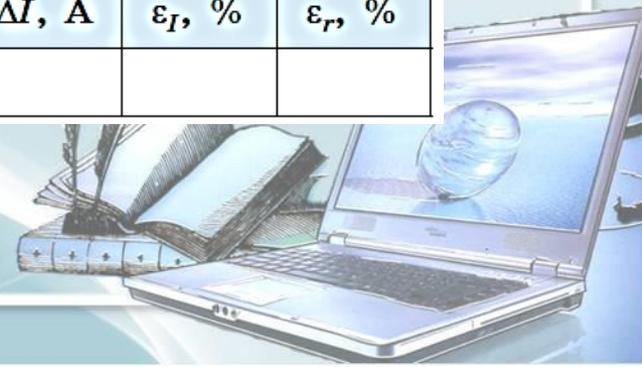
№ 8. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ

$I_1, \text{ A}$	$U_1, \text{ B}$	$I_2, \text{ A}$	$U_2, \text{ B}$	$I_3, \text{ A}$	$U_3, \text{ B}$	$I_4, \text{ A}$	$U_4, \text{ B}$
$R_1 = \frac{U_1}{I_1},$ Ом	$R_2 = \frac{U_2}{I_2},$ Ом	$R_{\text{пос}} = \frac{U_3}{I_3},$ Ом	$R_{\text{пар}} = \frac{U_4}{I_4},$ Ом	$R_{\text{пос}} = R_1 + R_2,$ Ом	$R_{\text{пар}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2},$ Ом		

№ 9. ИЗМЕРЕНИЕ ЭДС И ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

Номер опыта	Измерено			Вычислено	
	$U_{\text{пр}}, \text{ B}$	$I_{\text{пр}}, \text{ A}$	$\mathcal{E}_{\text{пр}}, \text{ B}$	$r_{\text{пр}}, \text{ Ом}$	$r_{\text{пр. ср}}, \text{ Ом}$

$\Delta_{\text{н}} U, \text{ B}$	$\Delta_0 U, \text{ B}$	$\Delta U, \text{ B}$	$\varepsilon_U, \%$	$\varepsilon_{\mathcal{E}}, \%$	$\Delta_{\text{н}} I, \text{ A}$	$\Delta_0 I, \text{ A}$	$\Delta I, \text{ A}$	$\varepsilon_I, \%$	$\varepsilon_r, \%$



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

Физика: 10 класс: базовый и углублённый уровни/ Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М.; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 7-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 2019. – 432 с. (Классический курс)

№ 1. НАБЛЮДЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТОК

Физическая величина	Номер опыта					
	1	2	3	4	5	6
I, A						
F, H						

№ 2. ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

№ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ МАЯТНИКА

Номер опыта	t, c	t_{cp}, c	t, c	t_{cp}, c	l, m

№ 4. ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА

Измерено		Вычислено				
$AE, мм$	$DC, мм$	$n_{пр}$	$\Delta AE, мм$	$\Delta DC, мм$	$\epsilon, \%$	Δn



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

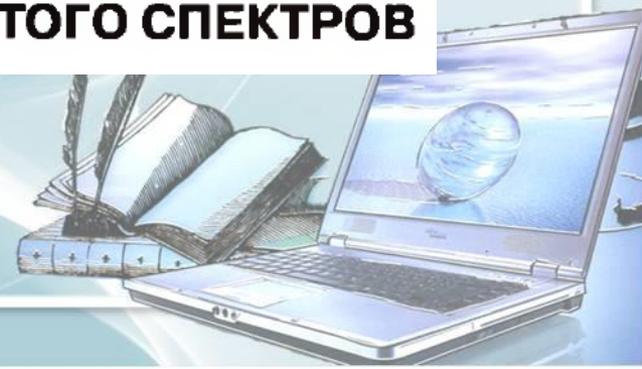
№ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИЛЫ И ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ

Номер опыта	$f, 10^{-3}$ м	$f_{\text{ср}}, 10^{-3}$ м	$d, 10^{-3}$ м	$D_{\text{ср}},$ дптр	$F_{\text{ср}},$ м

№ 6. ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ

№ 7. ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ЁМКОСТИ КОМПАКТ-ДИСКА (CD)

№ 8. НАБЛЮДЕНИЕ СПЛОШНОГО И ЛИНЕЙЧАТОГО СПЕКТРОВ



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

№ 7. ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ЁМКОСТИ КОМПАКТ-ДИСКА (CD)

№ 8. НАБЛЮДЕНИЕ СПЛОШНОГО И ЛИНЕЙЧАТОГО СПЕКТРОВ



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Исходные физические величины	Математические операции	Среднее значение	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность	Итоговый результат *
Арифметические операции					
$B = \bar{B} \pm \Delta B$ $C = \bar{C} \pm \Delta C$	$A = B + C$	$\bar{A} = \bar{B} + \bar{C}$	$\Delta A = \Delta B + \Delta C$	$\varepsilon_A = \frac{\Delta B + \Delta C}{\bar{B} + \bar{C}}$	$A = \bar{A} \pm \Delta A$
$B = \bar{B} \pm \Delta B$ $C = \bar{C} \pm \Delta C$	$A = B - C$	$\bar{A} = \bar{B} - \bar{C}$	$\Delta A = \Delta B + \Delta C$	$\varepsilon_A = \frac{\Delta B + \Delta C}{ \bar{B} - \bar{C} }$	$A = \bar{A} \pm \Delta A$
$B = \bar{B} \pm \Delta B$ $C = \bar{C} \pm \Delta C$	$A = B \cdot C$	$\bar{A} = \bar{B} \cdot \bar{C}$	$\Delta A = \bar{A} \cdot \varepsilon_A = \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \left(\frac{\Delta B}{\bar{B}} + \frac{\Delta C}{\bar{C}} \right)$	$\varepsilon_A = \frac{\Delta B}{\bar{B}} + \frac{\Delta C}{\bar{C}}$	$A = \bar{A} \pm \Delta A$
$B = \bar{B} \pm \Delta B$ $C = \bar{C} \pm \Delta C$	$A = \frac{B}{C}$	$\bar{A} = \frac{\bar{B}}{\bar{C}}$	$\Delta A = \bar{A} \cdot \varepsilon_A = \frac{\bar{B}}{\bar{C}} \cdot \left(\frac{\Delta B}{\bar{B}} + \frac{\Delta C}{\bar{C}} \right)$	$\varepsilon_A = \frac{\Delta B}{\bar{B}} + \frac{\Delta C}{\bar{C}}$	$A = \bar{A} \pm \Delta A$
Степенная функция					
$x = \bar{x} \pm \Delta x$	$f = x^n$	$f = \bar{x}^n$	$\Delta f = n \bar{x}^{n-1} \Delta x$	$\varepsilon_f = n \frac{\Delta x}{\bar{x}}$	$f = \bar{f} \pm \Delta f$
Тригонометрические функции					
$x = \bar{x} \pm \Delta x$	$f = \sin x$	$\bar{f} = \sin \bar{x}$	$\Delta f = \cos \bar{x} \Delta x$	$\varepsilon_f = \operatorname{ctg} \bar{x} \Delta x$	$f = \bar{f} \pm \Delta f$
$x = \bar{x} \pm \Delta x$	$f = \cos x$	$\bar{f} = \cos \bar{x}$	$\Delta f = \sin \bar{x} \Delta x$	$\varepsilon_f = \operatorname{tg} \bar{x} \Delta x$	$f = \bar{f} \pm \Delta f$
$x = \bar{x} \pm \Delta x$	$f = \operatorname{tg} x$	$\bar{f} = \operatorname{tg} \bar{x}$	$\Delta f = \frac{\Delta x}{\cos^2 \bar{x}}$	$\varepsilon_f = \frac{\Delta x}{ \sin \bar{x} \cdot \cos \bar{x} }$	$f = \bar{f} \pm \Delta f$
$x = \bar{x} \pm \Delta x$	$f = \operatorname{ctg} x$	$\bar{f} = \operatorname{ctg} \bar{x}$	$\Delta f = \frac{\Delta x}{\sin^2 \bar{x}}$	$\varepsilon_f = \frac{\Delta x}{ \sin \bar{x} \cdot \cos \bar{x} }$	$f = \bar{f} \pm \Delta f$

* Среднее значение \bar{C} должно содержать все верные цифры и первую, следующую за ними; абсолютная погрешность ΔC должна содержать одну или две значащие цифры.



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

Концепция преподавания учебного предмета «Физика» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы, утвержденная Решением Коллегии Министерства просвещения Российской Федерации (протокол от 3 декабря 2019 г. № ПК-4вн).

1. **Материально-техническое оснащение кабинета физики лабораторным оборудованием**, отвечающим необходимым требованиям («оптимальное сочетание классических (аналоговых) и современных (цифровых и компьютерных) средств измерений и способов экспериментального исследования») – важнейшее условие обеспечения качественного обучения.

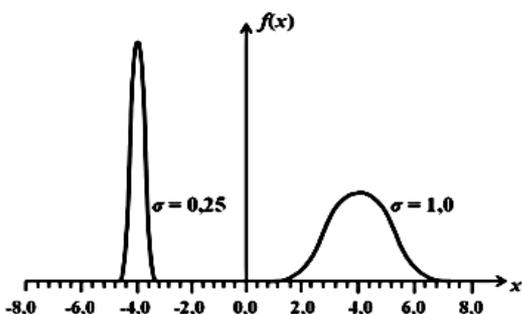
2. Обеспечение проведения **самостоятельного ученического эксперимента** в форме нормативно обязательного **фронтального ученического эксперимента**.

3. Изменение отношения преподавателей «к **учебному эксперименту** как малозначительному и необязательному виду деятельности» – на самом деле «**являющимся неотъемлемой составляющей естественнонаучной грамотности**».

4. «**Образовательные программы высшего и дополнительного профессионального образования должны включать блоки методического характера, обеспечивающие освоение эффективных педагогических практик формирования естественнонаучной грамотности обучающихся**».



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

ВУЗ	Общеобразовательная школа
<p>При наличии случайных погрешностей в теории погрешностей для вуза в качестве модели, описывающей распределения результатов измерений и средних значений измеряемой физической величины относительно истинного значения этой величины, выбрана (введена как постулат) функция нормального распределения или функция Гаусса, которая имеет следующий вид:</p>	<p>В теории погрешностей, используемой в общеобразовательной школе, в качестве базовых применяют следующие логически обоснованные предположения:</p> <ul style="list-style-type: none">- при большом числе наблюдений одинаково часто встречаются погрешности одного значения, но разных знаков.- частота появления погрешностей уменьшается с возрастанием их значений. <p>Ясно, что эти предположения находятся в полном соответствии с использованием функции Гаусса.</p>
	
$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-X)^2}{2\sigma^2}},$ где x — измеряемая физическая величина, X — ее истинное значение (соответствует максимальному значению функции Гаусса), σ — параметр, определяющий ширину распределения функции Гаусса (чем больше σ , тем шире функция). Выводы в теории погрешностей получены на основании использования этой функции.	



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

В теории погрешности для вуза доказывается, что наилучшей оценкой истинного значения измеряемой физической величины является ее среднее значение, которое при прямых измерениях и в вузе, и в общеобразовательной школе определяется по формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}, \text{ где } N - \text{общее количество}$$

проведенных прямых измерений, x_i – результаты выполненных однократных измерений.

Эта же формула используется в общеобразовательной школе.

Как в вузе, так и в общеобразовательной школе при выполнении лабораторных работ конечным результатом как прямых, так и косвенных измерений является определение интервала, в котором заключено истинное значение измеряемой физической величины.

Запись интервала в вузе $x = \bar{x} \pm \Delta \bar{x}$, имея в виду распределение среднего значения измеряемой физической величины по отношению к ее истинному значению.

Однако в вузе, также рассчитывают и вероятность (обозначаемую α) того, что истинное значение измеряемой физической величины заключено в этом интервале. Точнее наоборот – задают вероятность (обычно 68%), что истинное значение находится в этом интервале, а затем рассчитывают интервал.

Запись интервала в общеобразовательной школе имеет вид $x = \bar{x} \pm \Delta x$, подразумевая распределение однократного измерения вокруг истинного значения измеряемой физической величины.

В общеобразовательной школе рассчитывают интервал, считая, что истинное значение измеряемой физической величины, однозначно находится в этом интервале.



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

<p>И в вузе, и в школе при расчетах учитываются следующие виды случайных погрешностей:</p>	
<p>Δ_{stat} – статистическая погрешность, которая учитывает распределение результатов однократных измерений около истинного значения измеряемой физической величины</p>	
<p>В вузе статистическая погрешность рассчитывается, исходя из распределения Гаусса, как среднеквадратичное отклонение</p>	<p>В общеобразовательной школе статистическая погрешность рассчитывается как среднее арифметическое</p>
$\Delta x_{stat} = t_{\alpha, N} \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$ <p>в котором $t_{\alpha, N}$ – коэффициент Стьюдента, учитывающий зависимость ширины распределения результатов однократных измерений от их количества N</p>	$\Delta x_{stat} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{x} - x_i }{N}$
<p>Δ_n – приборная погрешность (указывается в техническом паспорте измерительного прибора либо в учебной литературе), которая учитывает, что любой прибор имеет погрешность, связанную с точностью его изготовления – идеальный прибор изготовить невозможно (её также называют погрешностью средств измерения, инструментальной погрешностью и т.д.)</p>	
<p>В вузе приборную погрешность определяют по формуле $\Delta_n = \frac{\Delta_{пред}}{3}$</p>	<p>В общеобразовательной школе в качестве Δ_n определяют предельную $\Delta_{пред}$ – максимально возможную приборную погрешность</p>



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

Δ_o – погрешность отсчета, которая учитывает погрешность, допускаемую при отсчете численного значения измеряемой физической величины со шкалы измерительного прибора (иногда ее называют погрешностью измерения)	
В вузе погрешность отсчёта определяют по формуле $\Delta_o = \alpha \frac{\omega}{2}$, в которой α – вероятность попадания результата однократного измерения в рассчитываемый доверительный интервал (значение α – в десятичных дробях)	В общеобразовательной школе её определяют как половина цены деления шкалы измерительного прибора $\Delta_o = \frac{\omega}{2}$
Δ_c – субъективная погрешность, которая связана с не совершенствованием органов чувств человека (например, погрешность на параллакс; погрешность, связанная с неточным включением и выключением секундомера при измерении времени, которая может достигать значения 0,3 с, и т.д.)	
В вузе субъективную погрешность определяют по формуле $\Delta_c = \frac{\Delta_{c \max}}{3}$	В общеобразовательной школе Δ_c выбирают как максимально возможную $\Delta_{c \max}$



Лабораторный физический практикум в общеобразовательной школе

<p>При обработке прямых измерений для определения результата однократного измерения промахом (существенно отличающийся результат от других результатов) рекомендуется использовать критерий Шовене, применяемый на основе использования статистических закономерностей</p>	<p>Результат однократного измерения признается промахом при его значительном отличии от результатов других однократных измерений</p>									
<p>В вузе абсолютная погрешность прямых измерений по формуле</p> $\Delta \bar{x} = \sqrt{\Delta_{\text{с\textit{тат}}}^2 + \Delta_n^2 + \Delta_o^2 + \Delta_c^2}$	<p>Абсолютная погрешность прямых измерений в общеобразовательной школе вычисляют по формуле $\Delta x = \Delta_{\text{с\textit{тат}}} + \Delta_n + \Delta_o + \Delta_c$</p>									
<p>В вузе формулы обработки результатов при косвенных измерениях получают на основе соотношения $\Delta \bar{q} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial q}{\partial x_i} \Delta \bar{x}_i \right)^2}$</p>	<p>В общеобразовательной школе для выполнения косвенных измерений используют следующие соотношения</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; padding: 2px;">Формула физической величины</th> <th style="width: 50%; padding: 2px;">Формула относительной погрешности</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">$A = BCD$</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; padding: 2px;">$\varepsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta D}{D}$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">$A = \frac{B}{CD}$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">$A = B \pm C$</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">$\varepsilon = \frac{\Delta B + \Delta C}{B \pm C}$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">$A = B \sqrt{\frac{C}{D}}$</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">$\varepsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C} + \frac{1}{2} \frac{\Delta D}{D}$</td> </tr> </tbody> </table>	Формула физической величины	Формула относительной погрешности	$A = BCD$	$\varepsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta D}{D}$	$A = \frac{B}{CD}$	$A = B \pm C$	$\varepsilon = \frac{\Delta B + \Delta C}{B \pm C}$	$A = B \sqrt{\frac{C}{D}}$	$\varepsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C} + \frac{1}{2} \frac{\Delta D}{D}$
Формула физической величины	Формула относительной погрешности									
$A = BCD$	$\varepsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta D}{D}$									
$A = \frac{B}{CD}$										
$A = B \pm C$	$\varepsilon = \frac{\Delta B + \Delta C}{B \pm C}$									
$A = B \sqrt{\frac{C}{D}}$	$\varepsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C} + \frac{1}{2} \frac{\Delta D}{D}$									
<p>Итоговый результат записывают в виде</p>										
<p>$q = \bar{q} \pm \Delta \bar{q}, \varepsilon_q = \frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100\%, \text{ вероятность } \alpha = 68\%.$</p>	<p>$q = \bar{q} \pm \Delta q, \varepsilon_q = \frac{\Delta q}{\bar{q}} \cdot 100\%$</p>									



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

(в ред. Приказов Минпросвещения РФ от 18.07.2022 № 568, от 08.11.2022 № 955,
от 27.12.2023 № 1028, от 22.01.2024 № 31, от 19.02.2024 № 110, от 18.06.2025 № 467)

45.5.1. Предметные результаты по учебному предмету «Математика» (включая учебные курсы «Алгебра», «Геометрия», «Вероятность и статистика») (на базовом уровне) должны обеспечивать: (в ред. Приказа Минпросвещения РФ от 18.06.2025 № 467)

3) умение оперировать понятиями: натуральное число, простое и составное число, делимость натуральных чисел, признаки делимости, целое число, модуль числа, обыкновенная дробь и десятичная дробь, стандартный вид числа, рациональное число, иррациональное число, арифметический квадратный корень; умение выполнять действия с числами, сравнивать и упорядочивать числа, представлять числа на координатной прямой, **округлять числа; умение делать прикидку и оценку результата вычислений;**

45.5.2. Предметные результаты по учебному предмету "Математика" (включая учебные курсы "Алгебра", "Геометрия", "Вероятность и статистика") (на углубленном уровне) должны обеспечивать: (в ред. Приказа Минпросвещения РФ от 18.06.2025 № 467)

б) умение свободно оперировать понятиями: натуральное число, простое и составное число, целое число, модуль числа, обыкновенная дробь и десятичная дробь, стандартный вид числа, рациональное и иррациональные числа; множества натуральных, целых, рациональных, действительных (вещественных) чисел; умение сравнивать и упорядочивать числа, представлять числа на координатной прямой, **округлять числа, делать прикидку и оценку результата вычислений;**



Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования

(утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. N 413)

С изменениями и дополнениями от: 29 декабря 2014 г., 31 декабря 2015 г., 29 июня 2017 г., 24 сентября, 11 декабря 2020 г., 12 августа 2022 г., 27 декабря 2023 г., 12 февраля 2025 г.

9.7. По учебному предмету «Математика» (включая курсы «Алгебра и начала математического анализа», «Геометрия», «Вероятность и статистика») **(базовый уровень)** требования к предметным результатам освоения базового курса математики должны отражать:

–

По учебному предмету «Математика» (включая разделы «Алгебра и начала математического анализа», «Геометрия», «Вероятность и статистика») **(углубленный уровень)** требования к предметным результатам освоения углубленного курса математики должны включать требования к результатам освоения базового курса и дополнительно отражать:

–



Задания 18,19,20

Вопрос 18

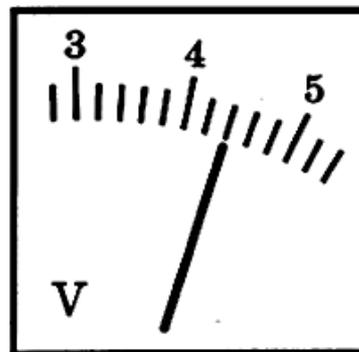
Вопрос 19

Вопрос 20

Вопрос 19

Вариант 1

- 19 Определите показания вольтметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления прибора. Вольтметр проградуирован в вольтах.



Ответ: (_____ ± _____) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

Вариант 2

- 19 Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы тока равна половине цены деления прибора. Амперметр проградуирован в амперах.



Ответ: (_____ ± _____) А.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.



Задания 18,19,20

Вопрос 20

Вопрос 18

Вопрос 19

Вопрос 20

Вариант 1

- 20 Школьнику необходимо на опыте обнаружить зависимость объема газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от молярной массы газа. У него имеется пять различных сосудов с манометрами и термометрами. Сосуды наполнены равными массами различных газов при различных температурах (см. таблицу). Какие два сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, К	Газ в сосуде
1	100	280	азот
2	50	270	азот
3	100	280	кислород
4	50	300	кислород
5	60	320	азот

В ответ запишите номера выбранных сосудов.

Ответ:



Не забудьте перенести все ответы в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Вариант 2

- 20 Школьнику необходимо на опыте обнаружить зависимость объема газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от температуры газа. У него имеется пять различных сосудов с манометрами и термометрами. Сосуды наполнены равными массами различных газов при различных температурах (см. таблицу). Какие два сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, К	Газ в сосуде
1	100	280	кислород
2	50	270	кислород
3	100	280	азот
4	50	300	кислород
5	60	320	азот

В ответ запишите номера выбранных сосудов.

Ответ:



Не забудьте перенести все ответы в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.



ПОСЛЕДНЕ ПРОШЛО
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ
ОЦЕНКУ ФГБНУ

ФИПИ
ШКОЛЕ

2026

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ

ЕГЭ

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

ФИЗИКА

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ М. Ю. ДЕМИДОВОЙ

включи
Ege.plus



***СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!***

