



Урок 33. Измерения и погрешность

Листы ученика. Ответы и примечания учителю находятся в отдельной части.

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 33 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по физике: серия измерений»

Уровень: базовый исследовательский. 8 класс - работа с опорами; 9 класс - самостоятельная оценка условий и границ вывода.

Вся программа курса

Пять близких измерений могут одинаково ошибаться. Научимся записывать не только среднее, но и способ оценки неопределённости.

Проверяемый результат:

Вычислить среднее, абсолютную и относительную оценки неопределённости по заданному учебному правилу и отделить разброс от смещения.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

Пять раз измерили один брусок: 102, 102, 102, 102, 102 мм. Выяснилось, что начало линейки было повреждено, и все отсчёты брали со смещением +2 мм.

1 минута - назовите разброс; 2 - объясните, почему нулевой разброс не означает нулевую ошибку; 2 - предложите независимую проверку нуля. На уроке не требуется знать истинную длину заранее.

02. Объяснение и разобранный пример

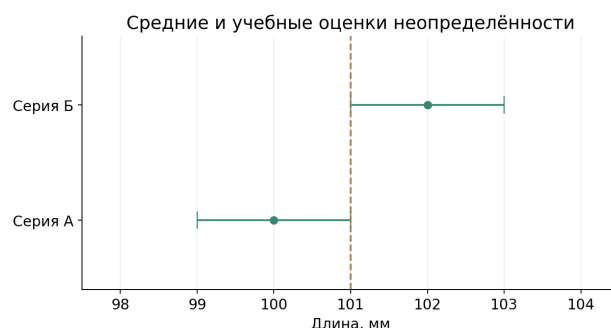
5-14 минут · Понятия, модель и проверка

Среднее $\bar{x} = \sum(x_i)/N$ - итог серии, но оно не уничтожает систематическое смещение. Разброс характеризует различие повторов. Истинная погрешность - отличие от истинного значения - обычно неизвестна. Неопределённость оценивают по прибору, повторениям и методу, явно называя правило.

Для этого урока $\Delta = \max((x_{\max} - x_{\min})/2; b_{\text{приб}})$. Берём большее из полуразмаха и заданной приборной оценки, чтобы нулевой разброс не давал нулевую неопределённость. Это учебное приближение для сравнения, не доверительный интервал и не стандартная неопределённость среднего. Относительная оценка $\delta = \Delta/|\bar{x}| \times 100\%$. Результат $\bar{x} \pm \Delta$ указывает принятую оценку, а не обещает абсолютную гарантию попадания.

Разобранный пример: 49, 50, 51 мм, $b_{\text{приб}} = 0,5$ мм. $\bar{x} = 50$ мм; полуразмах $= (51 - 49)/2 = 1$ мм; $\Delta = \max(1; 0,5) = 1$ мм. Результат (50 ± 1) мм; относительная оценка $1/50 \times 100\% = 2\%$. Изменение записи в сантиметры даёт $(5,0 \pm 0,1)$ см, процент не меняется.

4 минуты - определения; 3 - расчёт; 2 - отделение неопределённости от известного смещения. Известное смещение сначала корректируют, а не прячут в увеличенное число повторов.



Интервалы по правилу урока: А [99;101], Б [101;103] мм. Касание не доказывает отсутствие систематического смещения.

03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Две учебные серии длины одного предмета в мм. Для обеих приборная оценка $b_{\text{приб}} = 0,5$ мм. Используйте только оговорённое правило $\max$. Можно дополнительно измерить свою безопасную карточку, но не смешивать её числа с этой серией.



Серия	Пять отсчётов, мм
А	99; 100; 101; 100; 100
Б	101; 102; 103; 102; 102

2 минуты - средние; 3 - полуразмахи и Δ ; 3 - относительные оценки; 3 - сравнение интервалов и возможных объяснений. 8 класс пользуется последовательностью из примера; 9 класс отдельно называет, что пересечение интервалов не доказывает исправность приборов. Результат: две записи $\pm$, проценты и осторожный вывод. Критерии: вычисления, единицы, отсутствие выдуманной истинной длины.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Независимая проверка на эталонной длине 50,0 мм дала средние показания приборов ниже. Здесь эталонное значение для задачи считается точным.

Прибор	Показание эталона	Показание объекта
I	52,0 мм	102,0 мм
II	50,0 мм	100,0 мм

1 минута - таблица; 3 - определите смещение каждого прибора; 2 - скорректируйте показания объекта; 2 - объясните, почему после коррекции неопределённость не обязательно нулевая. Форма: смещение $\rightarrow$ поправка $\rightarrow$ исправленный результат без неоправданных гарантий.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты - предложите, что полезнее: ещё 100 повторов тем же смещённым прибором или независимая проверка нуля. 3 - обсудите, когда повторы действительно помогают, а когда не решают главную проблему. 2 - сформулируйте правило отчёта: число, единица, оценка, метод.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

Три длины 19,8; 20,0; 20,2 см; $\delta_{\text{приб}}=0,1$ см. За 3 минуты найдите среднее, Δ по правилу max, относительную оценку и назовите ошибку, которую повторения не уберут. 1 минута - ключ, 1 - исправление.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Линейка, прямоугольная карточка, бумага и калькулятор. Допустим анализ готовой таблицы без собственных измерений. Предпосылки: среднее арифметическое, миллиметр и сантиметр. Здесь используется оговорённая простая оценка $\Delta = \max(\text{полуразмах}, \text{приборная оценка})$; это не универсальная формула статистической неопределённости среднего. 8 класс считает по опорам; 9 класс сравнивает интервалы и проверяет смещение нуля.

Минуты	Работа	Проверяемый продукт
0-5	Проблемная ситуация	Вопрос и проверяемое предположение
5-14	Понятия и разобранный пример	Пояснение величин и метода
14-25	Практика 1	Расчёт, схема или протокол по данным
25-33	Практика 2	Решение на новых условиях
33-40	Обсуждение	Аргумент, альтернатива и вывод
40-45	Индивидуальная проверка	Самостоятельный ответ и исправление

Все материалы для текущего занятия включены. Вариант без регистрации: ученические листы PDF и доска. Минуты включают чтение, запись и переходы. Ответы показывайте после самостоятельной попытки. В конце соберите индивидуальную работу: 0-1 балл - вернуться к примеру, 2-3 - уточнить пропущенное звено, 4 - объяснить границу вывода. Это обратная связь, не обязательная школьная отметка.

Разбор практики 1 и критерии

А: среднее 100 мм, полуразмах 1 мм, $\Delta=1$ мм, $\delta=1\%$. Б: 102 мм, $\Delta=1$ мм, $\delta \approx 0,98\%$. Интервалы [99;101] и [101;103] касаются при 101 мм. Одинаковый размах не исключает разницу нулей линеек или способов отсчёта. Нельзя по этим двум сериям назначить истинную длину или автоматически объявить одну серию неверной.

Ответ и объяснение практики 2

Прибор I завывает на 2,0 мм; поправка -2,0 мм; исправленное показание 100,0 мм. II в этой точке смещения не показывает, объект 100,0 мм. Совпадение исправленных значений полезно, но остаются разрешение шкалы, повторяемость, неопределённость эталона в реальности и возможность непостоянной ошибки по диапазону. Одна контрольная точка не калибрует все длины.

Опора для обсуждения

Повторы помогают описывать случайный разброс; проверка нуля выявляет другой источник. Выбор зависит от преобладающей причины. Чем больше цифр на калькуляторе, тем не обязательно точнее физический результат.

Ключ и критерии индивидуальной работы

Среднее 20,0 см; полуразмах 0,2 см; $\Delta=0,2$ см; $\delta=1\%$. Возможное систематическое смещение нуля не устраняется простым повторением. 1 балл за среднее, 1 за Δ , 1 за процент, 1 за пример смещения.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Абсолютная и относительная погрешность физических измерений	Применяет оговорённую оценку серии	Запись $\bar{x} \pm \Delta$ и процент
Прямые измерения	Проверяет ноль и единицы	Не выдаёт разброс за истинную ошибку
Достоверность эксперимента	Сравнивает проверку и повторы	Выбирает действие под источник ошибки

Опора - раздел «Эксперименты по физике» опубликованной программы на 64 часа. Урок конкретизирует исходные темы и занимает 45 минут. Сценарий, распределение времени и числовые имитации - методическая разработка. Работа выполняется по готовым координатам и измерениям; реальные измерения безопасной карточки необязательны; это не отчёт о проведённом опыте.

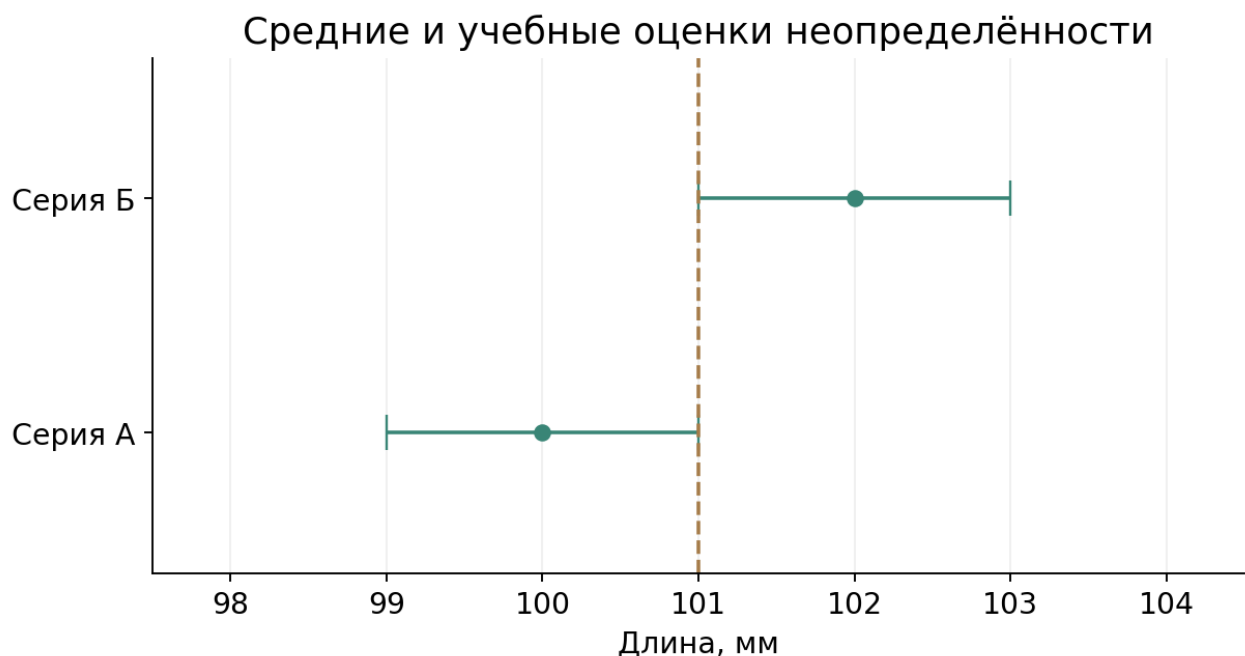
[Исходная программа](#)

Источники и права на изображения

[OpenStax: неопределённость и значащие цифры](#)

Источники проверены 15.10.2026. Все числовые серии явно заданы как учебные модели; их нельзя описывать как результаты проведённых авторами опытов. Оригинальные схемы: портал «Школы России», для этого урока. Они не являются фотографиями. Ответы и примечания учителю в PDF вынесены в отдельную часть.

Иллюстрация: увеличенная копия для печати



Интервалы по правилу урока: А [99;101], Б [101;103] мм. Касание не доказывает отсутствие систематического смещения.