



Урок 34. Точность измерений

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

Естественно-научный эксперимент · 9 класс

Урок 34 из 64 · 45 минут · Модуль «Химическая лаборатория»

Уровень: Исследовательский для 9 класса: самостоятельно выбираем сравнение, проверяем расчёт и альтернативное объяснение. Нужны дроби, проценты и чтение таблиц, регистрация и специальные приборы не требуются.

Вся программа курса

Один прибор каждый раз показывает почти одно число, но контрольная мера с ним не совпадает. Можно ли считать его самым точным?

Проверяемый результат:

Вычислить среднее, размах и отклонение от опорного значения; различить повторяемость, смещение и неопределённость.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

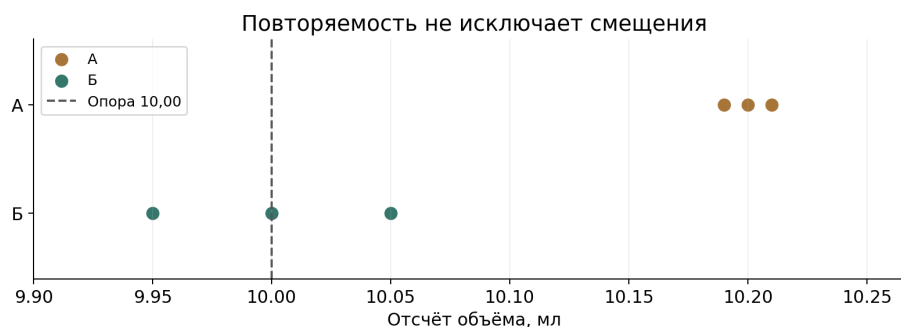
Прибор А дал 10,20; 10,21; 10,19 мл для опоры 10,00 мл. Прибор Б - 9,95; 10,00; 10,05 мл. За 2 минуты предположите, какой ряд плотнее, а чьё среднее ближе к опоре; за 3 запишите, почему это разные вопросы.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Повторяемость характеризует близость результатов в одинаково заданных условиях. Смещение оценивают сравнением среднего с опорой. Размах R = максимум – минимум описывает разброс этой серии, но не учитывает все источники неопределённости. Нулевое отклонение среднего не доказывает идеальный прибор.

Пример А: среднее $(10,20 + 10,21 + 10,19)/3 = 10,20$ мл; $R = 0,02$ мл; отклонение среднего $+0,20$ мл. Для Б среднее $10,00$ мл, $R = 0,10$ мл, отклонение $0,00$ мл. А повторяется теснее, Б в данной серии ближе к опоре. Поправка для А по этому уровню $-0,20$ мл: $8,20$ мл превращаются в $8,00$ мл, только если постоянство смещения на другом уровне проверено.



Точки трёх отсчётов А и Б на одной шкале объёма. Пунктир - опорные 10,00 мл. Размах показан расстоянием крайних точек, а не доверительным интервалом.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

Серия, опора 25,00 мл	Отсчёты, мл	Шаг индикации, мл
В	25,10; 25,12; 25,08	0,01
Г	24,9; 25,0; 25,1	0,1
Д	25,02; 25,00; 24,98	0,01

За 2 минуты прочитайте данные; за 4 вычислите среднее, R и отклонение; за 3 примените учебное правило: $|\text{отклонение среднего}| \leq 0,05$ мл и $R \leq 0,10$ мл; за 2 объясните выбор. Продукт - таблица из трёх строк и вывод. Критерии: единицы, знак отклонения, обе части правила, отсутствие вывода «больше цифр всегда лучше».

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

На 10,00 мл прибор Е имел среднее 10,20 мл. На 20,00 мл получены 20,39; 20,40; 20,41 мл. За 3 минуты найдите второе среднее и отклонение; за 3 проверьте перенос поправки $-0,20$ мл; за 2 предложите альтернативную модель и её проверку. Запишите расчёт, а не только слово «калибровка».

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

Группа хочет усреднить 100 отсчётов, чтобы устранить смещение. За 2 минуты сформулируйте пользу повторов; за 3 - причину, почему смещение может остаться; за 2 составьте правило честной записи результата. Рассмотрите загрязнение посуды и неверное считывание мениска как возможные причины, а не установленный факт.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

Опора 5,00 мл, ряд 5,09; 5,10; 5,11 мл. За 5 минут найдите среднее, R, отклонение среднего и оцените утверждение «R мал, значит погрешность нулевая». Четыре элемента по 1 баллу.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Таблицы учебных измерений объёма, калькулятор, линейка для схемы. Предпосылки: десятичные дроби и среднее. Реальные жидкости не нужны. Опорный объём 10,00 мл в модели считаем заданным без существенной неопределённости; в настоящей работе неопределённость опоры тоже учитывают. Учитель заранее объясняет, что размах не является готовой оценкой всей погрешности, а границы принятия задаются до просмотра данных.

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 тексты, рисунки и данные включены. Без регистрации: распечатайте ученическую часть PDF или используйте доску. Ответы открывайте после самостоятельной попытки. Минуты включают чтение, записи и переходы. В конце соберите индивидуальную работу. 0-1 балл: разобрать пример повторно; 2-3: уточнить пропущенное звено; 4: объяснить ограничение модели. Это обратная связь, не обязательная школьная отметка.

Разбор практики 1 и критерии

В: среднее 25,10, R 0,04, отклонение +0,10 мл - правило не выполнено. Г: 25,00, R 0,20, отклонение 0,00 мл - не выполнено. Д: 25,00, R 0,04, отклонение 0,00 мл - выполнено. Все выводы ограничены этим уровнем объёма и условиями. Шаг индикации не равен погрешности.

Ответ и объяснение практики 2

Среднее 20,40 мл, отклонение +0,40 мл. После $-0,20$ остаётся 20,20 мл: постоянная поправка не подходит. Относительные отклонения в обоих случаях 2%. Модель показание = $1,02 \times$ опоры согласуется с двумя средними, но ещё не доказана для всей шкалы. Проверка - несколько иных опорных уровней и повторов.

Опора для обсуждения

Повторы позволяют оценивать разброс и уменьшать влияние независимых случайных колебаний на среднее. Постоянная причина отклонения этим не исчезает. Нужны проверка опоры, условий, процедуры и поправок. Честная запись указывает единицу, метод и ограничение; нельзя объявлять R/2 полной неопределённостью без обоснованной модели.

Ключ и критерии индивидуальной работы

Среднее 5,10 мл; R = 0,02 мл; отклонение +0,10 мл. Утверждение неверно: малый разброс не исключает смещения; полная неопределённость не рассчитана. Для четвёртого балла нужно это объяснение, а не просто «нет».



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Физические свойства и измерения в лаборатории	Сравнить измерительные серии	Среднее, размах и отклонение
Контроль экспериментальных данных	Проверить перенос поправки	Граница применимости модели

Опора - раздел «Химическая лаборатория» опубликованной программы на 64 часа. Это самостоятельный урок на 45 минут. Подробный сценарий, распределение времени и учебные числовые серии - методическая разработка. Предоставленные данные не выдаются за опыт, проведённый авторами или этим классом.

Исходная программа

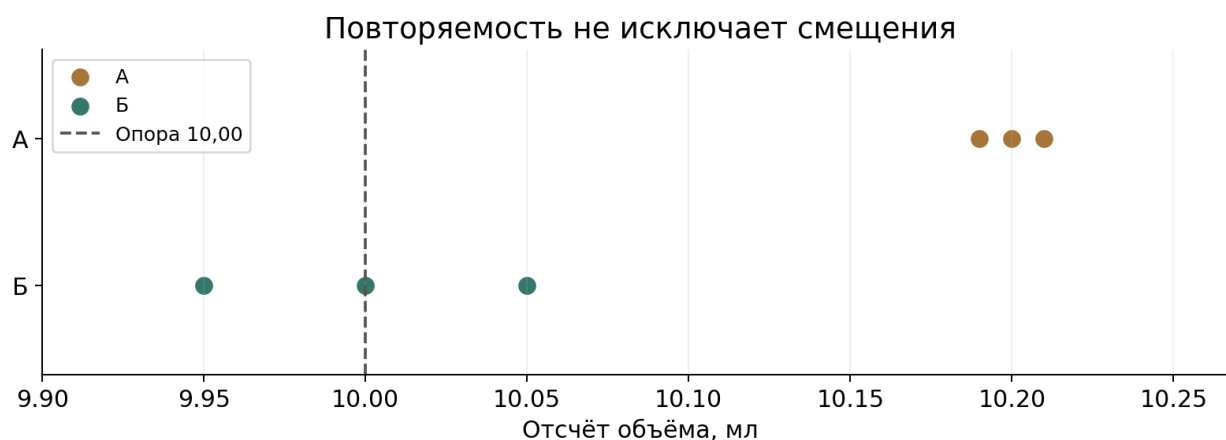
Источники и права на изображения

NIST: изменчивость и повторяемость измерений

NIST TN 1297: терминология неопределённости

Источники проверены 15.10.2026. Числовые наборы - учебные данные, не результаты проведённых авторами опытов. Схемы и графики подготовлены порталом «Школы России». Для микрофотографии отдельно указаны автор и лицензия. Ответы и примечания учителю в PDF выделены отдельно.

Иллюстрация: увеличенная копия для печати



Точки трёх отсчётов А и Б на одной шкале объёма. Пунктир — опорные 10,00 мл. Размах показан расстоянием крайних точек, а не доверительным интервалом.