



Урок 60. Погрешность анализа

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

Естественно-научный эксперимент · 9 класс

Урок 60 из 64 · 45 минут · Модуль «Количественный химический анализ»

Уровень: Исследовательский для 9 класса: строим модель, проверяем расчёт и объясняем границы вывода. Нужны проценты, среднее и чтение таблиц; новые понятия разобраны на примере.

Вся программа курса

Три результата почти совпали друг с другом. Могут ли все три при этом быть заметно смещены относительно опорного значения?

Проверяемый результат:

Разделить повторяемость и смещение, рассчитать среднее, размах и относительное отклонение двух серий, проверить эффект холостой поправки.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

Серия А: 0,1048; 0,1050; 0,1052 моль/л. Ученик говорит: «Почти одинаково - значит правильно». Опора 0,1000. За 2 минуты найдите противоречие, за 3 назовите две независимые характеристики, которые нужно сообщить.

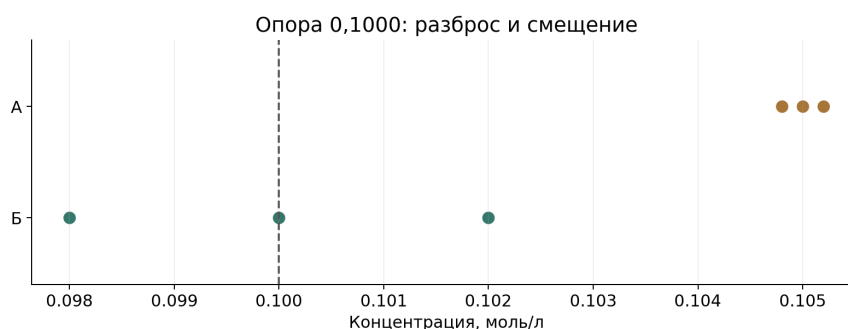
02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Повторяемость описывает близость результатов в одинаковых условиях. Смещение оценивают сравнением среднего с опорным значением. Разброс и смещение - разные свойства. Среднее многих повторов не удаляет общий сдвиг, например ошибку калибровки или неучтённый фон.

Учебные формулы: среднее $\bar{x} = \text{сумма } x / \text{число повторов}$; размах $R = \text{максимум} - \text{минимум}$; оценка смещения $b = \bar{x} - \text{соп}$; относительное отклонение $b/\text{соп} \times 100\%$. Знак показывает направление. Называть b «точной ошибкой неизвестной пробы» нельзя: опорное значение известно только в контрольной серии.

Пример: 0,099; 0,100; 0,101 моль/л. Среднее 0,100, размах 0,002, смещение от 0,100 равно 0. Это не гарантирует нулевую ошибку следующего измерения. Совпадение среднего с опорой не устраняет разброс и возможные проблемы метода.



Две серии относительно опоры 0,1000 моль/л: А тесно сгруппирована, но смещена; Б имеет больший разброс и среднее на опоре. Все значения учебные.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

Серия	Повтор 1	Повтор 2	Повтор 3
А, моль/л	0,1048	0,1050	0,1052
Б, моль/л	0,0980	0,1000	0,1020

За 3 минуты найдите средние и размахи, за 3 - смещения и относительные отклонения, за 3 выберите действие для каждой серии, за 2 сформулируйте вывод без единственного слова «точнее». Продукт - сравнительная карточка с четырьмя показателями. Критерии: знак, единицы, разные причины улучшения.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

Найдена независимая причина для А: каждая проба расходовала 0,50 мл титранта на фон. Для этого метода $s = 0,01000 \times (V_{\text{пробы}} - V_{\text{холостой}})$, где объёмы в мл, с в моль/л; коэффициент имеет единицу (моль/л)/мл. Расходы А: 10,48; 10,50; 10,52 мл. За 3 минуты внесите поправку, за 3 пересчитайте среднее и смещение, за 2 объясните, почему нельзя просто вычитать разность с опорой без проверки причины.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

Команда хочет сообщить 0,100000000 моль/л после трёх повторов. За 2 минуты оцените число знаков, за 3 предложите честную запись вместе с данными, за 2 назовите, чего не хватает для полной оценки неопределённости. Альтернатива - сохранить исходные цифры расчёта внутри работы, но округлить итог по возможностям измерений.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

Опора 0,2000 моль/л. Серия 0,202; 0,204; 0,206. Найдите среднее, размах, относительное отклонение среднего и оцените фразу «100 повторов обязательно уберут смещение». 5 минут; по 1 баллу за элемент.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Две учебные серии анализа опорного раствора, калькулятор, линейка. Предпосылки: среднее, разность, процент. Работа только с данными. Опорное значение в модели известно точно: 0,1000 моль/л; в реальном измерении оно тоже имеет неопределённость. Размах служит описанием разброса, не готовой формулой полной неопределённости.

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 учебную 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

А: среднее 0,1050, $R = 0,0004$, $b = +0,0050$ моль/л, относительное отклонение +5,0%. Б: среднее 0,1000, $R = 0,0040$, $b = 0$. А повторяется теснее, но имеет смещение; проверяют фон и калибровку. Б имеет больший разброс; проверяют стабильность операций. По трём повторениям нельзя исчерпывающе оценить точность метода.

Ответ и объяснение практики 2

Исправленные расходы 9,98; 10,00; 10,02 мл; $c = 0,0998$; 0,1000; 0,1002 моль/л. Среднее 0,1000; $b = 0$; $R = 0,0004$. Поправка обоснована независимым холостым измерением. Подгонка результата к опоре без модели причины может скрыть ошибку и не переносится на другие пробы. Неопределённость самого холостого измерения здесь не учитывалась.

Опора для обсуждения

Дополнительные нули не создают точность. Для этой учебной серии итог 0,1000 моль/л с указанием трёх повторов, размаха и поправки понятнее. Полная неопределённость требует характеристик объёмных измерений, стандарта, фона и процедуры. Размах трёх значений не подменяет такую оценку.

Ключ и критерии индивидуальной работы

Среднее 0,204 моль/л; $R = 0,004$ моль/л; отклонение $(0,204 - 0,200)/0,200 \times 100\% = +2\%$. Повторы не гарантируют устранения общего смещения; нужно искать и контролировать его причину.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Количественный химический анализ	Сравнить две серии с опорой	Отдельные оценки разброса и смещения
Достоверность результатов и оформление работы	Проверить независимую поправку	Отчёт без ложной точности

Опора - раздел «Количественный химический анализ» 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](#)

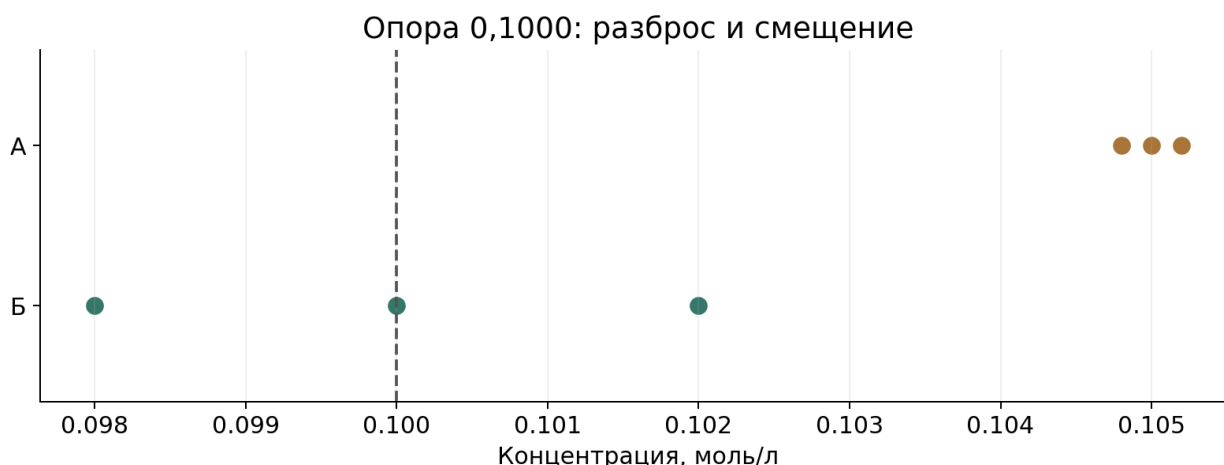
Источники и права на изображения

[NIST: смещение и точность](#)

[OpenStax: количественное титрование](#)

Источники проверены 16.10.2026. Числовые наборы - учебные данные, не результаты проведённых авторами опытов. Схемы и графики подготовлены порталом «Школы России». Ответы и примечания учителю в PDF выделены отдельно.

Иллюстрация: увеличенная копия для печати



Две серии относительно опоры 0,1000 моль/л: А тесно сгруппирована, но смещена; Б имеет больший разброс и среднее на опоре. Все значения учебные.