УЧИТЕЛЯМ · 10–11 КЛАССЫ

Вода на уроках: 10–11 классы

Химия, биология и экология на реальных задачах водной лаборатории: проверить протокол по ионному балансу, перевести нитраты «по азоту», рассчитать смешение вод, определить щёлочность титрованием, поставить биотест. Нормативы — по СанПиН 1.2.3685-21; протоколы и результаты опытов в задачах — учебные.

Связь с программой

ФГОС СОО (приказ Минобрнауки России от 17.05.2012 № 413; новый стандарт утверждён приказом Минпросвещения России от 11.06.2026 № 414, приём по прежнему прекращается 1 сентября 2027 года), ФОП СОО (приказ от 18.05.2023 № 371), федеральные рабочие программы «Химия», «Биология», «География» базового уровня.

Предмет, класс	Тема программы	Материалы этой страницы
Химия, 11 (базовый)	Раздел «Химия и жизнь»: «Роль химии в обеспечении экологической, энергетической и пищевой безопасности». Расчёты опираются на темы 8–9 классов: растворы, ионы, жёсткость воды, понятие о гидролизе солей	Уроки 1 и 2, задачи 1, 2, 4, 5, опыты 2 и 3
Химия, 11 (углублённый)	Гидролиз солей	Опыт 1
Биология, 11	«Организмы и окружающая среда»; «Сообщества и экологические системы»: экосистемы озёр и рек, антропогенные изменения в биосфере, глобальные экологические проблемы	Опыт 4 и задача 3 (биотест), урок 2
География, 10–11	10 класс, «Природопользование и геоэкология»: ресурсообеспеченность, обеспеченность человечества пресной водой; 11 класс: проблема дефицита водных ресурсов и ухудшения их качества	Опыт 2 (как очищают воду), задача 5, темы проектов
Проект	ФГОС СОО № 413, п. 18.3.1: в учебном плане предусматривается выполнение индивидуального проекта; в новом ФГОС № 414 (п. 35) — часы на проектную деятельность	Темы проектов

Метапредметные результаты: проверять достоверность данных, работать с нормативным документом, выбирать метод решения и обосновывать вывод расчётом. Задачи раздела подходят как основа индивидуального проекта.

Химия · 10–11 класс | 45 минут | урок-практикум

Урок 1. Ионный состав природной воды: расчёты и проверка протокола

ПРЕДМЕТНЫЕ
Переводить мг/л в мг-экв/л через массу эквивалента иона; проверять протокол по ионному балансу; рассчитывать жёсткость и оценивать минерализацию; называть тип воды по преобладающим ионам.

МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ
Оценивать достоверность данных до формулировки вывода; находить и объяснять ошибку в источнике.

ЛИЧНОСТНЫЕ
Критическое отношение к цифрам: вывод о «превышении» возможен только после проверки данных.

Оборудование: протоколы 1 и 2 (задача 1 ниже), таблица масс эквивалентов, калькуляторы.

Ход урока

0–4 Мотивация
«В протоколе сульфатов — 960 мг/л при нормативе 500. Это авария?» Не отвечаем сразу — сначала научимся проверять протокол.

4–12 Основы
Электронейтральность раствора: сумма зарядов катионов равна сумме зарядов анионов. Миллиграмм-эквивалент; масса эквивалента = молярная масса иона : заряд.

12–25 Протокол 1
Перевод в мг-экв/л, суммы катионов и анионов, расхождение баланса, жёсткость, сумма ионов, тип воды.

25–35 Протокол 2
Тот же расчёт: баланс «не сходится». Какое значение подозрительно и почему?

35–42 Обсуждение
Сравнение с нормативами: жёсткость, минерализация, сульфаты, нитраты. Чем опасен вывод по непроверенному протоколу.

42–45 Домашнее задание
Задача 4 (щёлочность и карбонатная жёсткость).

Вопросы и ожидаемые ответы

Почему суммы мг-экв катионов и анионов должны совпадать?
Ответ: Раствор электронейтрален: положительных зарядов столько же, сколько отрицательных. Расхождение больше нескольких процентов говорит об ошибке анализа или записи.

Как найти массу эквивалента иона?
Ответ: Молярную массу разделить на заряд: Ca^{2+} — 40,08 : 2 = 20,04; SO_4^{2-} — 96,06 : 2 = 48,03; Cl^- — 35,45.

Какая жёсткость у воды протокола 1? Соответствует ли нормативу?
Ответ: 4,8 + 2,4 = 7,2 °Ж — жёсткая вода; чуть выше норматива для водопровода (7,0), в пределах норматива для колодцев и скважин (10).

К какому типу относится вода протокола 1?
Ответ: Гидрокарбонатная кальциевая: среди анионов преобладает HCO_3^- (около 59 % мг-экв), среди катионов — Ca^{2+} (около 47 %).

Что не так с протоколом 2?

Ответ: Сумма анионов 28,2 мг-экв/л против 10,2 у катионов — расхождение около 47 %. Подозрительно значение сульфатов: 960 вместо, вероятно, 96 мг/л (ошибка в разряде). Вывод о превышении норматива по сульфатам делать нельзя — нужен повторный анализ или исправленный протокол.

Химия, биология · 10–11 класс | 45 минут | экология

Урок 2. Нитраты в воде: единицы, смешение, решения

ПРЕДМЕТНЫЕ
Объяснять источники нитратов (круговорот азота, удобрения, стоки); пересчитывать «нитраты по азоту» в NO_3^-; решать задачи на смешение и упаривание; выбирать способ очистки.

МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ
Сравнивать данные, записанные в разных единицах; строить модель (уравнение смешения) и проверять её.

ЛИЧНОСТНЫЕ
Понимать связь хозяйственной деятельности на участке с качеством воды в колодце.

Оборудование: схема круговорота азота, задача 2 (ниже), калькуляторы.

Ход урока

0–5 Мотивация
Две лаборатории проверили один колодец: «нитраты — 66 мг/л» и «нитраты по азоту — 15 мг/л». Кто ошибся?

5–14 Откуда нитраты
Азот в природе: аммоний → нитриты → нитраты. Источники в воде: азотные удобрения, навоз и стоки ферм, неисправные септики и выгребные ямы. Нитраты не имеют вкуса, цвета и запаха.

14–24 Пересчёт единиц
NO_3^- = N × 62,00 : 14,01. Норматив 45 мг/л по NO_3^- — это около 10,2 мг/л по азоту.

24–36 Задачи
Смешение двух источников, упаривание при кипячении (задача 2, вопросы 2–4).

36–43 Решения
Устранить источник; для очистки — обратный осмос или анионообменные смолы. Почему кипячение не помогает.

43–45 Итог
Ответ на вопрос из начала урока.

Вопросы и ожидаемые ответы

Кто из двух лабораторий ошибся?
Ответ: Никто: 15 мг/л по азоту × 62,00 : 14,01 ≈ 66 мг/л по NO_3^-. Это одна величина в разных единицах — и в обоих случаях норматив 45 мг/л превышен примерно в 1,5 раза.

Почему кипячение не убирает нитраты?
Ответ: Нитраты не летучи и не разлагаются при 100 °C; при кипячении испаряется вода, и концентрация нитратов растёт.

Почему к нитратам особенно внимательны, когда речь о детях первого года?
Ответ: В организме нитраты частично превращаются в нитриты; для грудных детей, которым готовят смеси на воде, это особенно важно.

Чем убрать нитраты из воды?
Ответ: Обратным осмосом или анионообменными смолами. Но главное — найти и устранить источник: колодец не должен стоять ниже по склону от огорода, выгребной ямы или септика.

Опыты

Кабинет химии, очки и халат обязательны, растворы — в подписанных склянках, отработанные растворы — в склянки для

слива.

Химия · 11 класс, углублённый уровень | 20 минут | повторение 9 класса

Опыт 1. Гидролиз солей и pH воды

Нужно: универсальная индикаторная бумага или pH-метр; дистиллированная вода (свежая и постоявшая сутки в открытом стакане), водопроводная вода; растворы около 1 %: хлорид натрия, карбонат натрия, сульфат алюминия.

1. Определить pH каждой воды и каждого раствора; записать в таблицу.
2. Составить уравнения гидролиза для солей, у которых среда не нейтральная.

Что увидим: NaCl — около 7; Na_2CO_3 — щелочная среда ($CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$); $Al_2(SO_4)_3$ — кислая ($Al^{3+} + H_2O \rightleftarrows AlOH^{2+} + H^+$). Постоявшая дистиллированная вода — слабокислая: в ней растворился углекислый газ воздуха. Водопроводная — в пределах норматива 6–9. **Связь с водоподготовкой:** сульфат алюминия — коагулянт, с ним работает опыт 2.

⚠ Техника безопасности

- Очки обязательны: раствор соды щелочной, раствор сульфата алюминия кислый; при попадании в глаза — промыть проточной водой и сообщить учителю.
- Электрод pH-метра не трогать руками, после каждого раствора ополаскивать дистиллированной водой.

Химия, экология · 10–11 класс | 25 минут

Опыт 2. Коагуляция: как осветляют воду на станции

Нужно: 2 цилиндра или высоких стакана по 200 мл мутной воды (суспензия глины), 1 %-й раствор сульфата алюминия, раствор гидрокарбоната натрия (если вода мягкая), стеклянная палочка, часы.

1. В первый стакан добавить 2–3 мл раствора коагулянта и перемешать 1 минуту; второй — контрольный.
2. Наблюдать 15–20 минут: образование и оседание хлопьев.
3. Сравнить прозрачность воды над осадком в обоих стаканах (например, по видимости шрифта под цилиндром).

Что увидим: в стакане с коагулянтом — рыхлые хлопья, которые оседают и уносят с собой частицы глины; вода над ними намного прозрачнее, чем в контроле. **Химия:** $Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 3CaSO_4 + 6CO_2\uparrow$. **Технология:** на станциях водоподготовки за коагуляцией следуют отстаивание, фильтрация и обеззараживание.

⚠ Техника безопасности

- Очки и перчатки; раствор коагулянта кислый.
- Осадок и воду после опыта слить в ведро для отходов, не в раковину: глина и хлопья засоряют слив.

Химия · 10–11 класс | 25 минут

Опыт 3. Щёлочность и карбонатная жёсткость титрованием

Нужно: бюретка, колба для титрования, пипетка на 100 мл или мерный цилиндр, 0,1 М соляная кислота, метиловый оранжевый, проба воды (водопроводная или минеральная столовая).

1. В колбу — 100 мл пробы и 2–3 капли метилового оранжевого (раствор жёлтый).
2. Титровать 0,1 М HCl при перемешивании до перехода жёлтой окраски в оранжевую. Записать объём кислоты V, мл.
3. Повторить 2 раза, взять среднее.

Расчёт: Щ (ммоль/л) = V × 0,1 × 1000 : 100 = V. Гидрокарбонаты, мг/л = Щ × 61,02. Карбонатная жёсткость равна щёлочности, если щёлочность не больше общей жёсткости, иначе — общей жёсткости. Реакция: HCO_3^- + H^+ → CO_2 + H_2O. Пример: V = 4,2 мл → Щ = 4,2 ммоль/л, HCO_3^- ≈ 256 мг/л.

⚠ Техника безопасности

- Очки. Бюретку заполнять через воронку, установив её ниже уровня глаз; воронку после заполнения снять.
- Пипетку заполнять только грушей, не ртом.
- Пролитую кислоту нейтрализовать раствором соды и вытереть; руки вымыть.

Биология, экология · 10–11 класс | 20 минут + 3–5 суток

Опыт 4. Биотест на семенах кресс-салата

Нужно: 4 чашки Петри (или блюдца с крышками), фильтровальная бумага, семена кресс-салата (по 30 на чашку), растворы стирального порошка 0,1 %, 0,5 % и 1 %, контроль — отстоянная водопроводная вода; линейка, пинцет.

1. Положить в чашки бумагу, смочить её 5 мл своего раствора, разложить по 30 семян, накрыть и подписать.
2. Держать при комнатной температуре 3–5 суток, не давая бумаге высохнуть.
3. Посчитать проросшие семена и измерить длину корней; результаты обработать по задаче 3.

Смысл: биотест показывает суммарное действие всех веществ в воде на живой организм. Так же можно проверить воду из местного водоёма или снеговую воду.

⚠ Техника безопасности

- Концентрат порошка разводит учитель в перчатках: порошок раздражает кожу и глаза, пыль нельзя вдыхать.
- Пробы из водоёмов брать в перчатках, у берега — только со взрослыми; после работы вымыть руки.
- Проростки после опыта не есть.

Задачи с данными

Задачи 1 и 2 — в рабочем листе. Массы эквивалентов: Ca^{2+} 20,04; Mg^{2+} 12,15; Na^+ 22,99; K^+ 39,10; HCO_3^- 61,02; SO_4^{2-} 48,03;

Cl^- 35,45; NO_3^- 62,00 мг/мг-экв.

Химия · 10–11 класс | ионный баланс

Задача 1. Проверка протокола по ионному балансу

Учебные протоколы одной скважины, мг/л

Ион	Протокол 1	Протокол 2
Ca^{2+}	96,2	96,2
Mg^{2+}	29,2	29,2
Na^+	66,7	66,7
K^+	3,9	3,9
HCO_3^-	366	366
SO_4^{2-}	96	960
Cl^-	71	71
NO_3^-	12,4	12,4

1. Переведите концентрации протокола 1 в мг-экв/л. Найдите суммы катионов и анионов и расхождение баланса: (Σк – Σа) : (Σк + Σа) × 100 %.
2. Рассчитайте общую жёсткость и сравните с нормативами (7,0 °Ж для водопровода, 10 °Ж для колодцев и скважин).
3. Найдите сумму ионов. Оцените сухой остаток: при выпаривании примерно половина массы гидрокарбонатов уходит в виде CO_2 и воды (сухой остаток ≈ Σ ионов – 0,5 × HCO_3^-). Сравните с нормативом 1000 мг/л.
4. Назовите тип воды по преобладающим аниону и катиону.
5. Проделайте расчёт баланса для протокола 2. Какой вывод можно сделать?

Ключ

Катион	мг-экв/л	Анион	мг-экв/л
Ca^{2+}	4,80	HCO_3^-	6,00
Mg^{2+}	2,40	SO_4^{2-}	2,00
Na^+	2,90	Cl^-	2,00
K^+	0,10	NO_3^-	0,20
Σ	**10,20**	**Σ**	**10,20**

1. Баланс сходится: расхождение около 0 %.
2. 4,80 + 2,40 = 7,2 °Ж: выше норматива для водопровода (в 1,03 раза), в пределах норматива для колодцев и скважин.
3. Σ ионов = 741,4 мг/л; сухой остаток ≈ 741 – 183 ≈ 558 мг/л — в пределах норматива.
4. Гидрокарбонатная кальциевая (HCO_3^- ≈ 59 % мг-экв анионов, Ca^{2+} ≈ 47 % катионов).
5. SO_4^{2-} = 960 : 48,03 ≈ 19,99 мг-экв/л; Σа ≈ 28,19 против Σк = 10,20; расхождение ≈ –47 %. Протокол содержит ошибку, вероятнее всего в сульфатах (960 вместо 96). Вывод о превышении норматива по сульфатам (500 мг/л) по такому протоколу делать нельзя.

Химия, экология · 10–11 класс | нитраты

Задача 2. Нитраты: пересчёт, смешение, кипячение

Норматив — 45 мг/л в пересчёте на NO_3^-. M(N) = 14,01 г/моль, M(NO_3^-) = 62,00 г/моль.

1. Чему равен норматив 45 мг/л NO_3^- в пересчёте на азот?
2. В протоколе колодца: «нитраты (по азоту) — 15 мг/л». Превышен ли норматив и во сколько раз?
3. На участке колодец (70 мг/л NO_3^-) и скважина (20 мг/л). Какую наибольшую долю колодезной воды можно добавлять в смесь, чтобы она соответствовала нормативу?
4. Воду с 66,4 мг/л NO_3^- кипятили, пока не испарилось 20 % объёма. Какой стала концентрация нитратов?

Ключ

1. 45 × 14,01 : 62,00 ≈ 10,2 мг/л по азоту.
2. 15 × 62,00 : 14,01 ≈ 66,4 мг/л NO_3^- — превышение в 66,4 : 45 ≈ 1,5 раза.
3. $70x + 20(1 - x) \le 45 \rightarrow 50x \le 25 \rightarrow x \le 0{,}5$: не больше половины.
4. 66,4 : 0,8 = 83 мг/л — кипячение увеличило концентрацию.

Биология, экология · 10–11 класс | биотест

Задача 3. Обработка результатов биотеста

Учебные результаты опыта 4 (по 30 семян)

Раствор	Проросло семян	Средняя длина корня, мм
Контроль (вода)	28	24
Порошок 0,1 %	26	20
Порошок 0,5 %	19	11
Порошок 1 %	8	4

1. Рассчитайте всхожесть (%) в каждом варианте.
2. Рассчитайте торможение роста корней относительно контроля: $(L_{контроль} - L) : L_{контроль} \times 100$ %.
3. Постройте график «концентрация — торможение роста». Какой вывод можно сделать?
4. Как повысить надёжность опыта?

Ключ

1. 93,3 %; 86,7 %; 63,3 %; 26,7 %.
2. 0 %; 16,7 %; 54,2 %; 83,3 %.
3. С ростом концентрации всхожесть падает, а торможение роста корней растёт — эффект зависит от дозы. Длина корня реагирует уже на 0,1 %, когда всхожесть почти не изменилась: это более чувствительный показатель.
4. Делать 3 повторности на вариант, считать среднее и разброс, держать чашки в одинаковых условиях, использовать семена одной партии.

Химия · 10–11 класс титрование

Задача 4. Щёлочность и карбонатная жёсткость

Учебные результаты титрования 100 мл пробы 0,1 М HCl

Проба	V(HCl), мл	Общая жёсткость, °Ж
1	2,1	7,2
2	4,2	4,0
3	6,5	3,1

1. Найдите щёлочность (ммоль/л) и концентрацию гидрокарбонатов (мг/л) в каждой пробе.
2. Определите карбонатную и некарбонатную жёсткость.
3. В какой пробе кипячение уберёт бóльшую часть жёсткости? Чем объяснить, что в пробе 3 щёлочность больше общей жёсткости?

Ключ

1. Щ = V: 2,1; 4,2; 6,5 ммоль/л. HCO_3^-: 2,1 × 61,02 ≈ 128; 4,2 × 61,02 ≈ 256; 6,5 × 61,02 ≈ 397 мг/л.
2. Проба 1: карбонатная 2,1, некарбонатная 7,2 − 2,1 = 5,1 °Ж. Проба 2: карбонатная 4,0 (не больше общей), некарбонатной нет. Проба 3: карбонатная 3,1, некарбонатной нет.
3. В пробах 2 и 3 вся жёсткость карбонатная (временная) и при кипячении в основном уходит в накипь; в пробе 1 — только меньшая часть (2,1 из 7,2 °Ж). В пробе 3 гидрокарбонатов больше, чем кальция и магния: часть HCO_3^- уравновешена ионами натрия — вода гидрокарбонатная натриевая.

Химия, экология · 10–11 класс водопровод

Задача 5. Остаточный хлор по длине сети

Норматив свободного остаточного хлора в водопроводной сети — 0,3–0,5 мг/л. Учебные замеры в пяти точках одной линии:

Точка	Расстояние от станции, км	Свободный хлор, мг/л
1. Ближний квартал	0,5	0,62
2. Школа	2	0,48
3. Поликлиника	4	0,41
4. Новый микрорайон	7	0,33
5. Тупиковый участок	11	0,12

1. В каких точках хлор в пределах норматива, где выше, где ниже?
2. Почему хлора становится меньше по мере удаления от станции?
3. Чем опасна точка 5 и что можно предпринять? Что почувствуют жители точки 1?

Ключ

1. В норме — точки 2, 3, 4; выше — точка 1 (0,62); ниже — точка 5 (0,12).
2. Хлор расходуется на реакции с веществами в воде и с отложениями на стенках труб; чем дольше вода идёт по сети, тем меньше его остаётся.
3. Без остаточного хлора и при застое воды в тупике возможен рост микроорганизмов. Меры: промывка участка, проверка ОМЧ и колиформных бактерий, дополнительное обеззараживание или изменение режима подачи. В точке 1 заметен хлорный запах.

Темы индивидуальных проектов

Каждая тема опирается на опыты и задачи этой страницы; точные значения для сравнения можно получить анализом в аккредитованной лаборатории.

Тема	Гипотеза (пример)	Методы
Жёсткость воды в разных районах города	В районах, снабжаемых из скважин, вода жёстче, чем из реки	Мыльная проба, титрование щёлочности, тест-полоски, лабораторный анализ, карта
Работают ли фильтры-кувшины	Кувшин снижает жёсткость, но не убирает нитраты	Щёлочность и жёсткость до и после фильтра, сравнение с паспортом фильтра
Нитраты в колодцах садового товарищества	Ниже по склону от огородов и выгребных ям нитратов больше	Схема участков, анализ проб в лаборатории, расчёт по задаче 2
Биотест воды местного водоёма	Вода ниже по течению от сброса тормозит рост корней сильнее	Биотест на кресс-салате (опыт 4) в трёх повторностях
Остаточный хлор в водопроводе микрорайона	В дальних домах хлора меньше, чем у станции	Тест-набор с DPD-реактивом, схема сети, задача 5
Водопотребление семьи	Душ вместо ванны и починка крана снижают расход заметнее других мер	Показания счётчика по дням, расчёты на данных задания 1 для 1–4 классов