Ионы в природной воде: электролитическая диссоциация на практике

Почему водопроводная вода проводит ток, а дистиллированная почти нет; какие катионы и анионы растворены в природной воде, как записать их появление уравнениями диссоциации и какими методами лаборатория определяет каждый ион. Демонстрация электропроводности, лабораторный опыт по реакциям ионного обмена и анализ учебного протокола.

Химия · 9 класс | 45 минут | план урока

План урока

Связь с программой

Предмет, класс	Тема программы
Химия, 9	««Теория электролитической диссоциации. Электролиты и неэлектролиты. Катионы, анионы. Механизм диссоциации веществ с различными видами химической связи. Степень диссоциации. Сильные и слабые электролиты. Реакции ионного обмена. Условия протекания реакций ионного обмена, полные и сокращённые ионные уравнения реакций… Качественные реакции на ионы»»
Химия, 9	«Демонстрация «Исследование электропроводности растворов веществ, процесса диссоциации кислот, щелочей и солей»; лабораторный опыт «Изучение признаков протекания реакции ионного обмена в растворах электролитов (с образованием осадка, выделением газа, образованием воды)»»

ПРЕДМЕТНЫЕ
Объяснять электропроводность растворов диссоциацией; составлять уравнения диссоциации солей природной воды; называть главные катионы и анионы природных вод; записывать полные и сокращённые ионные уравнения реакций, лежащих в основе определения ионов; сравнивать содержание ионов с нормативами.

МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ
Переходить от наблюдения к модели (ионное уравнение) и к практическому выводу; выбирать метод анализа под задачу.

ЛИЧНОСТНЫЕ
Понимание, что прозрачная вода — сложный раствор и что её безопасность подтверждает только анализ.

Оборудование: Прибор для испытания электропроводности растворов с батарейкой (светодиод или лампочка от карманного фонаря, два электрода); стаканы с дистиллированной водой, водопроводной водой, раствором поваренной соли, раствором сахара, разбавленной уксусной кислотой; промывалка с дистиллированной водой. Для лабораторного опыта на пару: растворы хлорида кальция и карбоната натрия, разбавленные соляная кислота и гидроксид натрия (все растворы — около 5 %), фенолфталеин, кусочек мела или накипи из чайника, пробирки в штативе, пипетки. Очки и перчатки.

Ход урока

0–4 Мотивация
«Почему мокрыми руками нельзя трогать электроприборы, если чистая вода почти не проводит ток?» Ответ даст опыт.

4–12 Демонстрация
Опыт 1: электропроводность дистиллированной и водопроводной воды, растворов соли, сахара, уксусной кислоты. Таблица: «вещество — проводит ли ток — электролит или нет».

12–20 **Теория**
Электролиты и неэлектролиты, катионы и анионы, сильные и слабые электролиты. Уравнения диссоциации солей природной воды: $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$; $CaCl_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$; $MgSO_4 \rightarrow Mg^{2+} + SO_4^{2-}$; $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$.

20–30 **Лабораторный опыт**
Опыт 2: реакции ионного обмена с образованием осадка ($Ca^{2+} + CO_3^{2-}$), газа (накипь + кислота) и воды (нейтрализация). Полные и сокращённые ионные уравнения.

30–40 **Анализ протокола**
Задание 1: ионный состав трёх вод — катионы и анионы, уравнения диссоциации, сравнение с нормативами, выбор качественной реакции.

40–43 **Как работает лаборатория**
Задание 2 устно: какой метод определяет какой ион. Можно показать путь пробы на странице «Как проверяют воду».

43–45 **Итог, домашнее задание**
Природная вода — раствор электролитов; ионы определяют реакциями ионного обмена и приборами. Домашнее задание.

Вопросы классу и ожидаемые ответы

Почему дистиллированная вода почти не проводит ток, а водопроводная проводит?
Ответ: В дистилляте почти нет ионов. В водопроводной воде растворены соли, которые диссоциируют на ионы, — подвижные заряженные частицы и переносят ток. Поэтому опасны мокрые руки: вода на коже — раствор солей.

Почему раствор сахара не проводит ток, а раствор соли проводит?
Ответ: Сахар — неэлектролит: его молекулы не распадаются на ионы. Хлорид натрия — сильный электролит: $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$.

Какие ионы чаще всего определяют в природной воде?
Ответ: Катионы Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+ и анионы HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-, а также NO_3^-, F^- и ионы железа. Сумма растворённых солей — минерализация, сумма ионов кальция и магния — жёсткость.

Запишите диссоциацию гидрокарбоната кальция и объясните, откуда в чайнике накипь.
Ответ: $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$. При кипячении: $Ca^{2+} + 2HCO_3^- \rightarrow CaCO_3\downarrow + CO_2\uparrow + H_2O$ — нерастворимый карбонат кальция оседает накипью.

Почему накипь растворяется в кислоте? Запишите сокращённое ионное уравнение.
Ответ: $CaCO_3 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + CO_2\uparrow + H_2O$: образуются газ и вода, поэтому реакция идёт до конца.

Как в лаборатории определяют хлориды и сульфаты?
Ответ: Хлориды — титрованием нитратом серебра (по Мору): $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl\downarrow$. Сульфаты — по помутнению с хлоридом бария: $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4\downarrow$.

Можно ли по электропроводности узнать, сколько в воде солей?
Ответ: Оценить можно: чем больше ионов, тем выше электропроводность — так работают бытовые солемеры. Точно минерализацию определяют выпариванием пробы и взвешиванием сухого остатка при 105–110 °C.

Домашнее задание: Найти дома этикетку питьевой или минеральной столовой воды со списком ионов (мг/л). Выписать катионы и анионы, составить уравнения диссоциации двух солей, которые могли бы дать эти ионы, и сравнить хлориды, сульфаты и нитраты (если указаны) с нормативами СанПиН 1.2.3685-21: не более 350, 500 и 45 мг/л соответственно.

Опыты

Ничего не пробовать на вкус, посуду — на поднос, после работы вымыть руки. Особые меры — в каждом опыте.

9 класс | 8 минут

Опыт 1. Электропроводность воды и растворов (демонстрация)

Нужно: прибор для испытания электропроводности с батарейкой (светодиод или лампочка от карманного фонаря), стаканы с дистиллированной водой, водопроводной водой, раствором сахара, раствором поваренной соли, разбавленной уксусной кислотой; промывалка с дистиллированной водой

1. Опустить электроды в дистиллированную воду — светодиод не горит.
2. Отключить питание, промыть электроды дистиллированной водой и повторить с водопроводной водой, раствором сахара, раствором соли и уксусной кислотой.
3. В стакан с дистиллированной водой добавлять соль щепотками и наблюдать, как разгорается светодиод.
4. Записать результаты в таблицу: вещество — горит ли — электролит или нет — сильный или слабый.

Что увидим и почему: Не проводят ток дистиллированная вода и раствор сахара (неэлектролит). Ярко горит в растворе соли — сильный электролит, ионов много. Слабо — в уксусной кислоте (слабый электролит, диссоциирует частично) и в водопроводной воде (ионов в ней немного: светодиод едва светится, а лампочка может не загореться совсем). Чем больше ионов, тем лучше проводимость: на этом основаны солемеры.

⚠ Техника безопасности

- Только прибор с батарейкой или школьный источник низкого напряжения; приборы с питанием от сети для этого опыта не использовать.
- Электроды не замыкать между собой; переносить из стакана в стакан при отключённом питании, промыв дистиллированной водой.
- Уксусную кислоту не нюхать над стаканом и не пробовать; при попадании на кожу — смыть водой.

9 класс 10 минут

Опыт 2. Реакции ионного обмена: осадок, газ, вода

Нужно: растворы хлорида кальция и карбоната натрия, разбавленные соляная кислота и гидроксид натрия (все растворы — около 5 %, готовит учитель), фенолфталеин, кусочек мела или накипи, пробирки в штативе, пипетки, очки, перчатки

1. Осадок: к 1–2 мл раствора хлорида кальция добавить столько же раствора карбоната натрия. Наблюдать белый осадок.
2. Газ: к осадку или к кусочку мела (накипи) по каплям добавлять соляную кислоту. Наблюдать растворение и пузырьки газа.
3. Вода: к 1–2 мл раствора гидроксида натрия добавить каплю фенолфталеина (малиновая окраска), затем по каплям соляную кислоту до обесцвечивания.
4. Записать молекулярные, полные и сокращённые ионные уравнения.

Что увидим и почему: $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3\downarrow$ — так содой связывают ионы жёсткости; $CaCO_3 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + CO_2\uparrow + H_2O$ — так кислота растворяет накипь; $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ — нейтрализация. Реакции ионного обмена идут до конца, если образуется осадок, газ или вода.

⚠ Техника безопасности

- Очки и перчатки обязательны: соляная кислота и гидроксид натрия разъедают кожу и глаза; при попадании — сразу промыть большим количеством воды и сказать учителю.
- Растворы набирать пипеткой, не больше 1–2 мл; пробирку держать отверстием от себя и соседей — при выделении газа раствор может вспениться.
- Отработанные растворы сливать в общую склянку для слива, а не в раковину.

Задания с данными

Ключи раскрываются по кнопке — задания удобно показывать на доске.

Задание 1 учебные данные

Задание 1. Ионный состав трёх вод

Учебный протокол, мг/л. Нормативы — настоящие, по СанПиН 1.2.3685-21: хлориды — не более 350 мг/л, сульфаты — не более 500 мг/л, нитраты — не более 45 мг/л.

Ионный состав, мг/л (учебные данные)

Ион	Родник	Скважина в гипсах	Приморская скважина
Ca^{2+}	62	210	48
Mg^{2+}	14	45	30
$Na^{+} + K^{+}$	9	30	290
HCO_3^{-}	200	190	250
SO_4^{2-}	25	560	90
Cl^{-}	12	40	410
NO_3^{-}	38	4	6

1. Выпишите отдельно катионы и анионы. Какой анион преобладает по массе в каждой воде?
2. Составьте уравнения диссоциации солей, которые могли дать главные ионы: в роднике — гидрокарбоната кальция, в «гипсовой» скважине — сульфата кальция, в приморской — хлорида натрия.
3. Сравните с нормативами: где и во сколько раз превышены хлориды, сульфаты, нитраты?
4. Найдите сумму ионов в каждой воде. Какая вода лучше проводит ток?
5. Предложите качественную реакцию, которая сразу отличит приморскую воду от родниковой; запишите сокращённое ионное уравнение.

Ключ

1. Катионы: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}; анионы: HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, Cl^{-}, NO_3^{-}. Преобладают: в роднике — HCO_3^{-}, в «гипсовой» скважине — SO_4^{2-}, в приморской — Cl^{-}.
2. $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^{-}$; $CaSO_4 \rightarrow Ca^{2+} + SO_4^{2-}$; $NaCl \rightarrow Na^{+} + Cl^{-}$.
3. Сульфаты в «гипсовой» скважине: 560 : 500 = 1,12 раза; хлориды в приморской: 410 : 350 ≈ 1,17 раза. Нитраты в роднике (38) ниже норматива 45, но близко к нему — стоит искать источник (удобрения, стоки) и повторять анализ.
4. Родник — 360 мг/л, «гипсовая» скважина — 1079 мг/л, приморская — 1124 мг/л. Лучше всего проводят ток приморская и «гипсовая» воды: в них больше ионов.
5. Нитрат серебра: $Ag^{+} + Cl^{-} \rightarrow AgCl\downarrow$ — в приморской воде обильный белый творожистый осадок, в родниковой — лёгкая муть.

Задание 2

Задание 2. Каким методом определить ион?

Методы лаборатории: А — титрование нитратом серебра (по Мору); Б — по помутнению с хлоридом бария (турбидиметрия); В — комплексонометрическое титрование (трилонометрия); Г — ионометрия с ион-селективным электродом, фотометрия или ионная хроматография; Д — pH-метр со стеклянным электродом; Е — выпаривание пробы и взвешивание сухого остатка при 105–110 °C (быстрая оценка — по электропроводности).

Показатели и нормативы СанПиН 1.2.3685-21

Показатель	Норматив	Метод (буква)
Хлориды Cl^-	не более 350 мг/л	
Сульфаты SO_4^{2-}	не более 500 мг/л	
Жёсткость (Ca^{2+} + Mg^{2+})	не более 7,0 °Ж	
Нитраты NO_3^-	не более 45 мг/л	
Фториды F^-	не более 1,5 мг/л	
Водородный показатель	от 6 до 9 единиц pH	
Минерализация (все растворённые соли)	не более 1000 мг/л	

1. Сопоставьте показатели и методы (А–Е).
2. Запишите сокращённые ионные уравнения реакций, на которых основаны методы А и Б.
3. Почему pH пробы измеряют как можно скорее после отбора?
4. Почему нитраты и фториды нельзя заметить по вкусу, а очень высокую минерализацию — можно?

Ключ

1. Хлориды — А; сульфаты — Б; жёсткость — В; нитраты — Г; фториды — Г (фторидный электрод); pH — Д; минерализация — Е.
2. А: $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl\downarrow$; Б: $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4\downarrow$.
3. При хранении из воды уходит или в неё поступает углекислый газ, и значение pH смещается.
4. Нитраты и фториды не имеют ни вкуса, ни запаха — их находит только анализ. При высоком солесодержании вода становится солоноватой или горьковатой.

9 класс | 15 минут | лист + ключ

Рабочий лист «Ионы в природной воде»

Нормативы СанПиН 1.2.3685-21: хлориды — не более 350 мг/л. Содержание ионов в вопросе 6 — учебное.

▼ **Источники фактов и чисел (10)**

- ФРП «Химия» 9 класс: «Теория электролитической диссоциации. Электролиты и неэлектролиты. Катионы, анионы… Сильные и слабые электролиты. Реакции ионного обмена… Качественные реакции на ионы»; демонстрация «Исследование электропроводности растворов веществ…»; лабораторный опыт «Изучение признаков протекания реакции ионного обмена в растворах электролитов (с образованием осадка, выделением газа, образованием воды)» — edsoo.ru
- сухой остаток — минеральные вещества, растворённые в воде: соли кальция, магния, натрия, калия, хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты; определяют весовым методом (выпаривание и взвешивание остатка при 105–110 °C) или расчётом по ионам; электропроводность даёт быструю оценку; при высоком солесодержании вода солоноватая или горьковатая; норматив — 1000 мг/л — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)

- общая жёсткость — суммарное содержание ионов кальция и магния, определяют комплексонометрическим титрованием (трилонометрия); норматив — 7,0 мг-экв/л (°Ж) для централизованного водоснабжения; сухой остаток — все соли вместе, жёсткость — только кальций и магний — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)
- хлориды определяют титрованием по Мору (нитратом серебра) или ионной хроматографией, норматив — 350 мг/л; хлориды и хлор — разные вещества — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)
- сульфаты определяют турбидиметрически (по помутнению с хлоридом бария) или ионной хроматографией, норматив — 500 мг/л — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)
- нитраты: не имеют вкуса и запаха; определяют ионометрически, фотометрически или ионной хроматографией; норматив — 45 мг/л (по NO_3^-); источники — удобрения, навоз, стоки, септики — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)
- фториды: не меняют вкус и запах; определяют ионометрически с фторидным электродом или ионной хроматографией; норматив — 1,5 мг/л — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)
- pH измеряют pH-метром со стеклянным электродом сразу после отбора: при хранении из воды уходит или поступает углекислый газ; норматив — от 6 до 9 единиц pH — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)
- условия опыта 2: растворы по 1–2 мл; хлорид кальция, карбонат натрия, соляная кислота и гидроксид натрия — около 5 % — методика опыта (учебные условия)
- расчёты к заданию 1: суммы ионов 360, 1079 и 1124 мг/л; 560 : 500 = 1,12; 410 : 350 ≈ 1,17 — расчёт по учебному протоколу