Вода — растворитель: растворимость, насыщенные растворы, кривые растворимости

Почему в стакане воды нельзя растворить сколько угодно соли, как по кривым растворимости рассчитать, сколько вещества выпадет в кристаллы, и почему в тёплом пруду рыбам не хватает кислорода. Опыт с насыщенным раствором, демонстрация кристаллизации и задачи на справочных данных.

Химия · 8 класс | 45 минут | план урока

План урока

Связь с программой

Предмет, класс	Тема программы
Химия, 8	««Физические свойства воды. Вода как растворитель. Растворы. Насыщенные и ненасыщенные растворы. Растворимость веществ в воде...»; демонстрация «Растворение веществ с различной растворимостью»; лабораторный опыт «Исследование особенностей растворения веществ с различной растворимостью»»
Химия, 8	«Виды деятельности: «Характеризовать физические и химические свойства воды, её роль как растворителя в природных процессах»»

ПРЕДМЕТНЫЕ

Различать насыщенные и ненасыщенные растворы; объяснять смысл растворимости (масса вещества на 100 г воды); читать кривые растворимости твёрдых веществ и таблицу растворимости газа; рассчитывать массу вещества, выпадающего при охлаждении, и массовую долю насыщенного раствора.

МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ

Строить и читать график по табличным данным, сравнивать вещества по свойству, переносить вывод из опыта на природные явления.

ЛИЧНОСТНЫЕ

Понимание связи химии с охраной водоёмов: тёплые сбросы и избыток органики опасны для рыб.

Оборудование: Таблица растворимости кислот, оснований и солей; справочные данные задания 1; миллиметровка. Для опыта 1 на группу: три стаканчика, мерный цилиндр, вода комнатной температуры, поваренная соль, сахар, порошок мела, весы, шпатель, стеклянная палочка. Для демонстрации учителя: нитрат калия, химический стакан, водяная баня, термометр, кристаллизатор с холодной водой.

Ход урока

0–4 Мотивация

«Можно ли растворить в стакане воды целую пачку соли? А пачку сахара?» Версии — на доску; проверяем опытом.

4–14 Лабораторный опыт

Опыт 1: соль порциями до насыщения, сахар, мел. Записываем, сколько граммов растворилось в 10 мл воды.

14–20 Понятия

Растворимость (г вещества в 100 г воды при данной температуре); насыщенный и ненасыщенный раствор; буквы Р, М, Н в таблице растворимости. Природная вода всегда раствор: в ней есть соли из горных пород и газы из воздуха.

20–32 **Кривые растворимости**
Задание 1: строим кривые KNO_3 и NaCl по справочным данным, находим точку пересечения, считаем массу кристаллов при охлаждении и массовую долю насыщенного раствора.

32–36 **Демонстрация**
Опыт 2: горячий раствор нитрата калия в холодной воде — на глазах растут игольчатые кристаллы. Сравниваем с расчётом.

36–42 **Газы в воде**
Задание 2: растворимость кислорода падает при нагревании; почему летом в тёплом пруду и зимой подо льдом бывают заморы рыбы.

42–45 **Итог, домашнее задание**
Растворимость зависит от природы вещества и температуры; у твёрдых веществ чаще растёт, у газов — падает. Домашнее задание.

Вопросы классу и ожидаемые ответы

Какой раствор называют насыщенным?
Ответ: Раствор, в котором при данной температуре вещество больше не растворяется: лишнее остаётся в осадке.

Что означает: растворимость NaCl при 20 °C — 35,9 г?
Ответ: При 20 °C в 100 г воды растворяется не больше 35,9 г поваренной соли; такой раствор — насыщенный.

Как растворимость твёрдых веществ зависит от температуры? Приведите примеры из таблицы.
Ответ: Чаще растёт: у нитрата калия от 0 до 100 °C — с 13,3 до 246 г, больше чем в 18 раз. У поваренной соли почти не меняется: с 35,7 до 39,0 г.

Почему соль из морской воды получают выпариванием, а не охлаждением?
Ответ: Растворимость NaCl почти не зависит от температуры: при охлаждении соль почти не выпадает. Её выделяют, испаряя воду, — так соль накапливается и в солёных озёрах.

Почему при нагревании воды в кастрюле на стенках задолго до кипения появляются пузырьки?
Ответ: Это растворённый воздух: растворимость газов с ростом температуры уменьшается, и газ выделяется.

Почему в природе не бывает «чистой» воды?
Ответ: Вода хорошо растворяет соли и газы: протекая по горным породам и соприкасаясь с воздухом, она становится раствором. Сумма растворённых солей — минерализация, или сухой остаток.

Чем растворимость отличается от массовой доли вещества?
Ответ: Растворимость — предел (сколько граммов вещества может раствориться в 100 г воды). Массовая доля — доля вещества в массе данного раствора. Для насыщенного раствора NaCl при 20 °C $\omega = 35{,}9 : 135{,}9 \approx 26\ \%$.

Домашнее задание: Вырастить дома кристаллы поваренной соли или сахара (вместе со взрослыми): приготовить горячий насыщенный раствор, подвесить в нём нитку и неделю наблюдать за ростом кристаллов, записывая наблюдения. Решить задачу: 50 г воды насытили нитратом калия при 60 °C и охладили до 20 °C. Сколько граммов соли выпало в осадок?

Опыты

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

8 класс · 10 минут

Опыт 1. Растворяем до насыщения: соль, сахар, мел

Нужно: три стаканчика по 10 мл воды комнатной температуры, поваренная соль, сахар, порошок мела, весы, шпатель, стеклянная палочка

1. В первый стаканчик добавлять соль порциями по 1 г, каждый раз перемешивая до полного растворения. Записать, на какой порции соль перестала растворяться.
2. Во второй — сахар порциями по 2 г до 10 г, перемешивая. Записать, растворился ли весь сахар.
3. В третий — щепотку мела; перемешать и дать постоять 2–3 минуты.
4. Сравнить результаты с таблицей растворимости и справочными данными задания 1.

Что увидим и почему: В 10 мл (≈ 10 г) воды при комнатной температуре растворяется лишь около 3,6 г соли (35,9 г на 100 г воды): уже четвёртая порция растворяется не полностью — раствор насыщен. Сахара растворяется во много раз больше: 10 г исчезают полностью, а насыщенный раствор при 20 °C содержит около 202 г сахара на 100 г воды. Мел — карбонат кальция — практически нерастворим (Н в таблице): вода мутнеет, затем мел оседает.

⚠ Техника безопасности

- Ничего не пробовать на вкус, даже соль и сахар: в кабинете химии посуда и вещества лабораторные.
- Мел не распылять; рассыпанное вещество собрать влажной салфеткой.
- Стеклянной палочкой не стучать по дну и стенкам — стакан может треснуть; осколки собирает учитель.

8 класс · 10 минут

Опыт 2. Кристаллы из горячего раствора (демонстрация)

Нужно: нитрат калия, химический стакан, водяная баня, термометр, стеклянная палочка, кристаллизатор с холодной водой

1. В стакане с 20 мл воды при нагревании на водяной бане до 60 °C растворить 20 г нитрата калия.
2. Показать классу прозрачный горячий раствор и поставить стакан в кристаллизатор с холодной водой.
3. Через 5–10 минут показать игольчатые кристаллы; обсудить, сколько соли выпадет при охлаждении до 20 °C.

Что увидим и почему: При 60 °C в 20 г воды может раствориться до 22 г KNO_3 (110 г на 100 г воды), поэтому 20 г растворяются полностью. При 20 °C растворимость — 31,6 г на 100 г воды, то есть в 20 г воды остаётся только 6,3 г соли, а около 13,7 г выпадает кристаллами. Так очищают вещества перекристаллизацией.

⚠ Техника безопасности

- Нагревание — только на водяной бане и только учителем; горячий стакан брать держателем или прихваткой.
- Нитрат калия — окислитель: не смешивать с горючими веществами (сахар, бумага, сера), не нагревать досуха; просыпанное собрать и сдать учителю.
- Очки — у учителя и учеников первых парт; кристаллы руками не трогать, после урока вымыть руки.

Задания с данными

Ключи раскрываются по кнопке — задания удобно показывать на доске.

Задание 1

Задание 1. Кривые растворимости: нитрат калия и поваренная соль

Справочные данные: сколько граммов вещества растворяется в 100 г (≈ 100 мл) воды с образованием насыщенного раствора (значения округлены).

Растворимость при разных температурах, г на 100 г воды

Температура, °C	KNO_3	NaCl
0	13,3	35,7
20	31,6	35,9
40	63,9	36,4
60	110	37,0
80	169	37,9
100	246	39,0

1. Постройте на одном графике кривые растворимости обоих веществ. Примерно при какой температуре их растворимость одинакова?
2. Сколько граммов KNO_3 можно растворить в 50 г воды при 40 °C? А NaCl?
3. Насыщенный при 80 °C раствор (в нём 100 г воды) охладили до 20 °C. Сколько граммов вещества выпадет в осадок, если это KNO_3? Если NaCl?
4. Найдите массовую долю вещества в насыщенных при 20 °C растворах NaCl и KNO_3.

Ключ

1. Кривые пересекаются между 20 и 30 °C — примерно при 23 °C (при 20 °C KNO_3 растворяется меньше, чем NaCl, при 40 °C — уже почти вдвое больше).
2. KNO_3: 63,9 : 2 ≈ 32 г; NaCl: 36,4 : 2 = 18,2 г.
3. KNO_3: 169 − 31,6 = 137,4 г; NaCl: 37,9 − 35,9 = 2,0 г. Поэтому нитрат калия очищают перекристаллизацией, а поваренную соль получают выпариванием.
4. NaCl: 35,9 : 135,9 ≈ 0,264 — 26,4 %; KNO_3: 31,6 : 131,6 ≈ 0,240 — 24,0 %.

Задание 2

Задание 2. Кислород в воде и жизнь рыб

Наибольшая (равновесная с воздухом) концентрация растворённого кислорода в чистой воде при нормальном давлении (в пресной воде растворённые соли снижают её очень мало) — по методике Росгидромета РД 52.24.419-2005. Для водных объектов рыбохозяйственного значения содержание растворённого кислорода не должно опускаться ниже 4 мг/л зимой и 6 мг/л летом.

Растворимость кислорода в воде

Температура воды, °C	Кислород, мг/л
0	14,65
5	12,79
10	11,27
15	10,03
20	9,02
25	8,18
30	7,44

Растворимость кислорода, мг/л



1. Во сколько раз в воде при 0 °C может раствориться больше кислорода, чем при 30 °C?
2. Летом вода в пруду прогрелась до 25 °C. Сколько кислорода в ней может быть при полном насыщении? Каков «запас» над летним нормативом?
3. Ночью водоросли и животные только потребляют кислород, днём водоросли его выделяют. Когда в тёплом заросшем пруду кислорода меньше всего? Почему тёплые сбросы в реку опасны для рыб?
4. Холодная вода растворяет больше кислорода, но зимой под толстым льдом рыба тоже может задохнуться. Почему?

Ключ

1. 14,65 : 7,44 ≈ 2,0 — примерно в 2 раза.
2. 8,18 мг/л; запас над летним нормативом — всего 8,18 − 6 = 2,18 мг/л. Достаточно, чтобы разложение органики «съело» часть кислорода, — и норматив будет нарушен.
3. Перед рассветом: всю ночь кислород расходовался, а не поступал. Тёплая вода растворяет меньше кислорода, а живые организмы в ней дышат активнее, — недостаток кислорода наступает быстрее.
4. Лёд и снег не пропускают воздух и почти не пропускают свет: кислород не поступает из атмосферы и почти не выделяется водорослями, а гниющие остатки его расходуют. Когда содержание опускается ниже зимнего норматива 4 мг/л, рыбе грозит замор.

8 класс | 15 минут | лист + ключ

Рабочий лист «Растворимость и насыщенные растворы»

Растворимость (г на 100 г воды): NaCl — 35,9 при 20 °C; KNO_3 — 31,6 при 20 °C и 110 при 60 °C.

▼ Источники фактов и чисел (10)

- ФРП «Химия» 8 класс: «Физические свойства воды. Вода как растворитель. Растворы. Насыщенные и ненасыщенные растворы. Растворимость веществ в воде»; демонстрация и лабораторный опыт по растворению веществ с различной растворимостью — edsoo.ru
- растворимость KNO_3 (г на 100 мл воды): 0 °C — 13,3; 20 °C — 31,6; 40 °C — 63,9; 60 °C — 110,0; 80 °C — 169; 100 °C — 246 — en.wikipedia.org
- растворимость NaCl (г на 100 мл воды): 0 °C — 35,65; 20 °C — 35,89; 40 °C — 36,37; 60 °C — 37,04; 80 °C — 37,93; 100 °C — 38,99 (округлённо 35,7; 35,9; 36,4; 37,0; 37,9; 39,0); растворимость NaCl — 35,9 г на 100 г воды при 21 °C — en.wikipedia.org
- растворимость сахарозы при 20 °C — 201,9 г на 100 мл воды (около 202 г) — en.wikipedia.org
- $CaCO_3$ (мел) — практически нерастворимое вещество (Н) — учебная константа: таблица растворимости кислот, оснований и солей
- равновесная концентрация растворённого кислорода в дистиллированной воде (для минерализованных вод — поправка на соли) при 760 мм рт. ст.: 0 °C — 14,65; 5 °C — 12,79; 10 °C — 11,27; 15 °C — 10,03; 20 °C — 9,02; 25 °C — 8,18; 30 °C — 7,44 мг/дм³; растворимость кислорода растёт с уменьшением температуры — meganorm.ru
- для водных объектов рыбохозяйственного назначения нормируемое содержание растворённого кислорода (в РД названо ПДК): зимой — 4 мг/дм³, летом — 6 мг/дм³; 1 мг/дм³ = 1 мг/л — meganorm.ru
- общая минерализация (сухой остаток) — суммарное количество растворённых в воде солей — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)
- условия опытов: 10 мл воды, соль порциями по 1 г, сахар порциями по 2 г до 10 г; демонстрация — 20 г KNO_3 в 20 мл воды при 60 °C; условия задач листа — 200 г воды, 20 г NaCl, 50 г воды — методика опыта и условия задач (учебные)
- расчёты: в 10 г воды — около 3,6 г NaCl; при 60 °C в 20 г воды до 22 г KNO_3, при 20 °C — 6,3 г, выпадает около 13,7 г; в 50 г воды при 40 °C — около 32 г KNO_3 и 18,2 г NaCl; при охлаждении от 80 до 20 °C выпадает 137,4 г KNO_3 и 2,0 г NaCl; ω насыщенного NaCl при 20 °C — 26,4 % (около 26 %), KNO_3 — 24,0 %; кривые пересекаются примерно при 23 °C; 246 : 13,3 — больше чем в 18 раз; 14,65 : 7,44 ≈ 2,0 раза; запас 8,18 − 6 = 2,18 мг/л; к листу: 71,8 г; 15,9 г; 78,4 г; ДЗ: (110 − 31,6) : 2 = 39,2 г — расчёт по справочным данным (en.wikipedia.org/wiki/Solubility_table, РД 52.24.419-2005)