



Урок 6. Выпаривание и кристаллизация

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

Естественно-научный эксперимент · 8 класс

Урок 6 из 64 · 45 минут · Модуль «Химическая лаборатория»

Уровень: Базовый исследовательский для 8 класса: работаем по инструкции, сравниваем данные и обосновываем вывод. Уверенно считаем дроби и проценты; специальных лабораторных навыков не требуется.

Вся программа курса

Из раствора получили меньше кристаллов, чем в нём было соли. Это обязательно потеря? Посчитаем, что осталось в маточном растворе.

Проверяемый результат:

По заданной растворимости рассчитать образование кристаллов и выход, отделить растворённый остаток от технологических потерь.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

В горячем растворе было 30 г X и 100 г воды. После охлаждения собрано 18 г сухих кристаллов. Ученик пишет: «12 г потеряли». За 2 минуты предложите два объяснения, за 2 определите, какие массы нужны для их различения, за 1 запишите проверяемый вопрос о маточном растворе.

02. Объяснение и разобранный пример

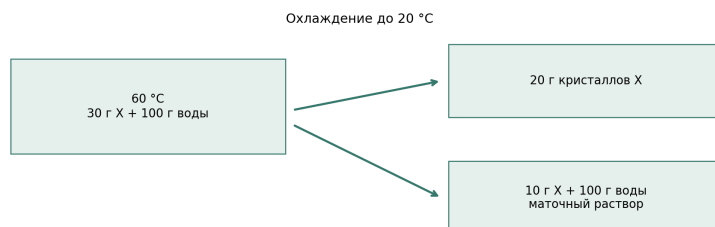
5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Выпаривание уменьшает массу растворителя; кристаллизация выделяет растворённое вещество в твёрдую фазу при подходящих условиях. Маточный раствор - жидкость после образования кристаллов; часть вещества остаётся растворённой. Выход зависит и от равновесия, и от потерь при переносе. Полное выпаривание досуха не является универсально подходящим способом получить чистые кристаллы.

В модели X растворимость при 60 °C равна 30 г на 100 г воды, при 20 °C - 10 г на 100 г воды. Кристаллы безводные, вода не испаряется при охлаждении, раствор достигает равновесия. Пример: 30 г X в 100 г воды при охлаждении оставляют 10 г X растворёнными; теоретически выделяется 20 г. Если собрали 18 г, учебный выход относительно теоретического $18/20=90\%$; ещё 2 г не собраны, а 10 г остаются в растворе.

Важен знаменатель: $18/30=60\%$ - доля исходного X в собранных кристаллах, другое отношение. Растворимость на 100 г воды нельзя подменить процентом раствора. 3 минуты - процессы, 3 - баланс, 3 - два определения выхода.

Охлаждение X: теоретический баланс



Учебная модель X: 30 г вещества в 100 г воды при 60 °C; при 20 °C равновесие даёт 20 г кристаллов и раствор с 10 г X. Испарение при охлаждении исключено условием.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

Серия	X до охлаждения, г	Вода, г	Собрано сухих кристаллов, г
А	30	100	18
Б	15	50	9
В	24	80	15

Все исходные растворы при 60 °С, охлаждение до 20 °С; растворимости и допущения из примера. 2 минуты составьте баланс; 5 найдите X в маточном растворе и теоретическую массу кристаллов; 2 рассчитайте выход; 2 сравните. Продукт: три строки баланса. Критерии: растворимость пересчитана на массу воды, выход не от исходного X.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

При 60 °С в 100 г воды растворены 30 г X. По подготовленному протоколу испарили 20 г воды при 60 °С, затем охладили до 20 °С без дальнейшего испарения. 2 минуты найдите массу воды; 4 - сколько всего X будет в твёрдой фазе при 20 °С; 2 объясните, почему кристаллы могут начать появляться уже во время выпаривания. Продукт: баланс 30 г X на две фазы; нагревание не проводится.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

Сравните «сильнее выпарить - всегда лучше» и «выбрать режим под цель». За 2 минуты найдите выгоду по числам; за 3 обсудите альтернативы переносу примесей и потерям; за 2 сформулируйте, почему расчёт модели не инструкция к нагреванию любого вещества.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

20 г X растворены в 100 г воды при 60 °С; охлаждение до 20 °С. Собрали 8 г сухих кристаллов. Найдите растворённый остаток, теоретические кристаллы, выход и несобранную массу. 3 минуты решение, 1 сверка, 1 исправление; четыре элемента.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Таблицы растворимости и масс, калькулятор, рисунок стадий. На уроке не нагревать растворы: используются учебные данные и заранее приготовленные взрослые образцы или только рисунок. Выращивание кристаллов - отдельно длительный процесс, не требование получить их за 45 минут. Предпосылки: раствор, процент, сохранение массы. В условии вещество X модельное, не рецепт конкретного реактива; неизвестные вещества не смешивают. Ученический вариант полностью бумажный.

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

А: остаётся 10 г, теоретически 20 г, выход 90%. Б: остаётся 5 г, теоретически 10 г, выход 90%. В: остаётся 8 г, теоретически 16 г, выход $15/16=93,75\%$. Несобранные количества соответственно 2; 1; 1 г. Относительно исходного X собраны 60%; 60%; 62,5%, но это другой показатель.

Ответ и объяснение практики 2

Воды 80 г. При 20 °C растворяются 8 г X, всего твёрдого X 22 г. Уже при 60 °C 80 г воды удерживают максимум 24 г, поэтому при равновесии 6 г выделятся до охлаждения; ещё 16 г при охлаждении. Баланс $6+16+8=30$ г. Ответ 22 г не следует складывать повторно с первыми 6 г.

Опора для обсуждения

В модели меньше воды даёт больше твёрдого X: 22 вместо 20 г. Но чистоту это не доказывает; примеси могут остаться с кристаллами, а сильный нагрев и пересушивание подходят не всем веществам. Нужны свойства конкретного вещества, разрешённая инструкция и контроль чистоты. Здесь проверяется баланс, не техника нагревания.

Ключ и критерии индивидуальной работы

В растворе остаётся 10 г; теоретически 10 г кристаллов; выход $8/10=80\%$; несобрано 2 г. По баллу за каждую величину с единицами там, где они нужны.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Перекристаллизация; очистка веществ	Разделяет две фазы по растворимости	Материальный баланс
Оформление завершённой работы	Различает теоретический и собранный продукт	Выход с указанным знаменателем

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

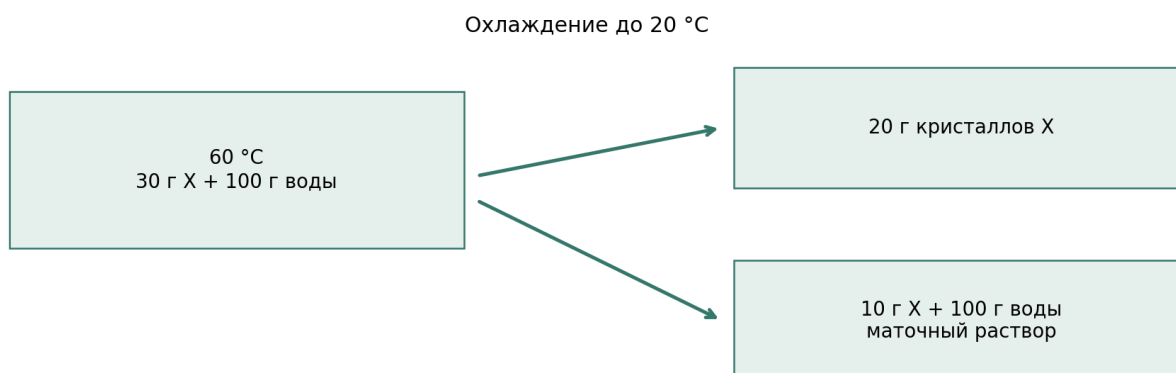
Источники и права на изображения

RSC: Evaporation, filtration and crystallisation, различие процессов

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

Охлаждение X: теоретический баланс



Учебная модель X: 30 г вещества в 100 г воды при 60 °C; при 20 °C равновесие даёт 20 г кристаллов и раствор с 10 г X. Испарение при охлаждении исключено условием.