



Урок 36. Перекристаллизация

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

Естественно-научный эксперимент · 9 класс

Урок 36 из 64 · 45 минут · Модуль «Химическая лаборатория»

Уровень: Исследовательский для 9 класса: самостоятельно выбираем сравнение, проверяем расчёт и альтернативное объяснение. Нужны дроби, проценты и чтение таблиц, регистрация и специальные приборы не требуются.

Вся программа курса

После охлаждения раствора в стакане остались и кристаллы, и жидкость. Неужели весь продукт, оставшийся в растворе, потерян из-за ошибки?

Проверяемый результат:

Рассчитать материальный баланс модельной перекристаллизации, выход относительно исходного вещества и влияние объёма растворителя.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

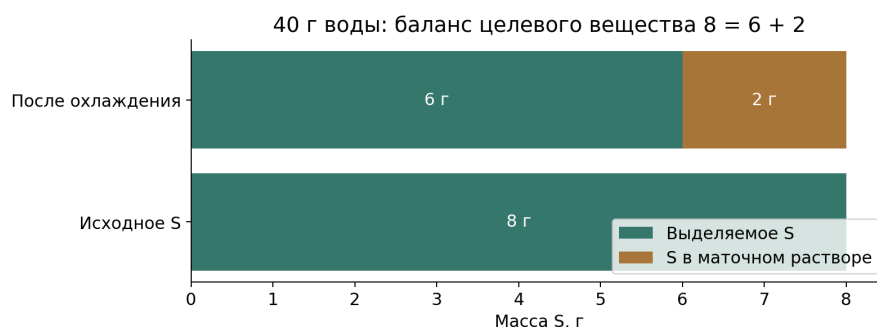
Из 10,0 г загрязнённой пробы получили 7,0 г сухих кристаллов. Ученик объявил выход 70% и потребовал испарить весь раствор досуха. За 2 минуты определите, чего не хватает для оценки выхода целевого вещества; за 3 предложите, где ещё может находиться S и почему полное испарение вернёт примесь.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Перекристаллизация использует различие растворимости при разных температурах. Маточный раствор - жидкость после отделения кристаллов, в нём остаётся часть S и растворимые примеси. Выход выделения S = масса выделенного S / исходная масса S × 100%. Это не то же, что чистота кристаллов или доля кристаллов от загрязнённой навески.

Пример: исходно 8,0 г S и 2,0 г нерастворимой примеси. Растворимость S: 20 г на 100 г воды при 80 °C, 5 г при 20 °C. В 40 г горячей воды помещаются 8 г S. После удаления нерастворимой примеси и охлаждения в растворе останется 2 г S, теоретически выделятся 6 г. Выход $6/8 = 75\%$. Баланс S: $8 = 6 + 2$; баланс всей сухой пробы: $10 = 6 + 2 + 2$.



Модельный баланс для 8 г S: в 40 г воды при 80 °C растворено 8 г, при 20 °C - 2 г; выделяется 6 г кристаллов. Нерастворимая примесь 2 г отделена до охлаждения. Испарение и механические потери исключены.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

Вода, г	Вместимость при 80 °С, г S	Вместимость при 20 °С, г S
40	8	2
60	12	3
80	16	4

Во всех случаях исходно 8 г S и 2 г нерастворимой примеси; растворимость как в примере. За 2 минуты проверьте полное горячее растворение; за 4 найдите теоретическую массу кристаллов и выход; за 3 составьте баланс; за 2 объясните различия. Форма: таблица «вода → растворено после охлаждения → кристаллы → выход». Критерии: знаменатель 8 г, не 10 г; нет двойного учёта примеси; каждый баланс замкнут.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

Вариант 40 г воды: расчёт предсказывал 6 г, но после выделения и высушивания получили 5,4 г S. По независимому анализу в маточном растворе 2,0 г, на фильтре и посуде 0,6 г S. За 3 минуты замкните баланс; за 3 найдите фактический выход от 8 г и долю извлечения от теоретических 6 г; за 2 объясните различие двух процентов.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

Предлагаются решения: увеличить воду вдвое или уменьшить потери при переносе. За 2 минуты выберите решение для повышения выделения; за 3 подтвердите двумя балансами; за 2 назовите ограничение. Альтернатива - вторая порция кристаллов из маточного раствора, но её чистоту надо проверять отдельно.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

Исходно 12 г S; взяли 60 г воды. При горячей температуре вместимость 12 г, при холодной 3 г. Получено 8,1 г сухого S. За 5 минут найдите теоретические кристаллы, фактический выход от исходного S, извлечение от теоретического и остаток механических потерь при 3 г S в растворе. 4 элемента по 1 баллу.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Таблицы растворимости вымышленного вещества S, бумажные карточки «раствор», «кристаллы», «примесь», калькулятор. Предпосылки: массовая доля и баланс массы. Реальный нагрев и фильтрование не проводятся. Все данные условные, плотность не нужна: растворитель задан в граммах. Считаем растворимость S без влияния примесей и без испарения воды. Учитель подчёркивает, что для реального вещества нужен иной проверенный протокол и безопасные условия.

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

40 г: 2 г остаются, 6 г кристаллов, 75%. 60 г: 3 г остаются, 5 г кристаллов, 62,5%. 80 г: 4 г остаются, 4 г кристаллов, 50%. Избыток растворителя в этой модели снижает выделение при той же конечной температуре. Это расчётное сравнение, не рекомендация детям нагревать неизвестные вещества.

Ответ и объяснение практики 2

$8 = 5,4 + 2,0 + 0,6$ г. Фактический выход от исходного S: $5,4/8 = 67,5\%$. Извлечение от расчётных кристаллов: $5,4/6 = 90\%$. 0,6 г - механическое удержание в указанных местах по условию; нерастворимая примесь 2 г учитывается отдельно. Нельзя сообщать 90% как выход от исходного вещества без пояснения.

Опора для обсуждения

Удвоение воды 40→80 г снижает расчётные кристаллы 6→4 г. Снижение механических потерь способно приблизить 5,4 г к 6 г без этой смены равновесия. Повторное выделение может вернуть больше S и одновременно примеси. Масса продукта и чистота - отдельные цели, исходные допущения нужно проверять.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$12 - 3 = 9$ г; $8,1/12 = 67,5\%$; $8,1/9 = 90\%$; потери $12 - 3 - 8,1 = 0,9$ г. Баланс: $12 = 8,1 + 3 + 0,9$. Проценты без указания основания расчёта требуют исправления.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Перекристаллизация как метод очистки	Обработать растворимость и материальный баланс	Масса кристаллов и остатка
Практическая работа №3: перекристаллизация	Проанализировать готовую серию вместо нагрева	Различение выхода и чистоты

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.

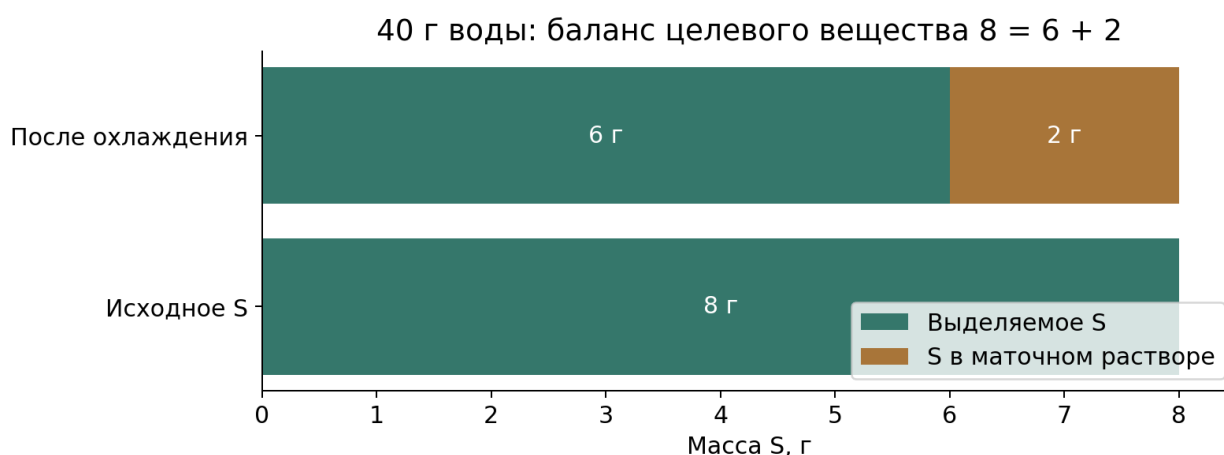
Исходная программа

Источники и права на изображения

Lisa Nichols: кристаллизация

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



Модельный баланс для 8 г S: в 40 г воды при 80 °C растворено 8 г, при 20 °C — 2 г; выделяется 6 г кристаллов. Нерастворимая примесь 2 г отделена до охлаждения. Испарение и механические потери исключены.