



Урок 22. Перекристаллизация

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 22 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по химии»

Уровень: базовый исследовательский. 8 класс - работа с опорами; 9 класс - самостоятельная оценка условий и границ вывода.

Вся программа курса

После очистки масса кристаллов стала меньше. Значит ли это, что работа выполнена плохо? Рассчитаем, что осталось в растворе и куда ушла примесь.

Проверяемый результат:

Объяснить роль горячего и холодного раствора, рассчитать массу выделенных кристаллов и различить степень извлечения и чистоту продукта.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

В исходных 20 г твёрдой смеси находится 18 г нужного X и 2 г нерастворимой примеси. После очистки получили 13 г сухих кристаллов. Один отчёт считает потерю 7 г доказательством неудачи; другой заявляет стопроцентную чистоту.

1 минута - прочитайте утверждения. 2 - распределите 7 г между возможными причинами. 2 - сформулируйте два разных вопроса: сколько X извлекли и насколько чист продукт? Для второго одной массы недостаточно.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, модель и проверка

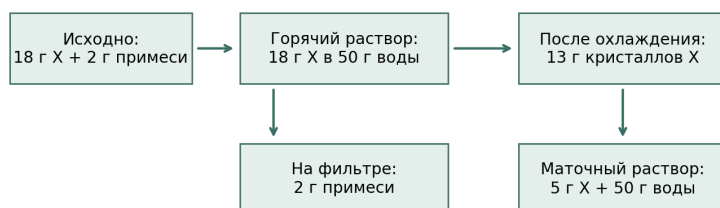
При перекристаллизации подбирают растворитель, в котором нужное вещество хорошо растворяется при нагревании и хуже при охлаждении. Нерастворимую примесь отделяют до выделения кристаллов; некоторые хорошо растворимые примеси остаются в маточном растворе. При охлаждении часть целевого вещества тоже остаётся растворённой, поэтому полное извлечение обычно невозможно.

Маточный раствор - жидкость, оставшаяся после выделения кристаллов. Кристаллы отделяют и сушат перед взвешиванием. Влажный продукт содержит растворитель: большая масса может не означать больше чистого X. Масса и внешний вид не заменяют проверку чистоты подходящим методом.

Разобранный пример на вымышленном X. При 80 °C растворяется 40 г X на 100 г воды, при 20 °C - 10 г. В 50 г воды горячий предел 20 г, холодный - 5 г. Поэтому 18 г X могут раствориться, а после охлаждения в идеальной модели выделится $18 - 5 = 13$ г. Извлечение $X = 13/18 \times 100\% \approx 72,2\%$. Доля кристаллов от всей исходной смеси $13/20 = 65\%$ - другой показатель.

4 минуты - механизм по схеме; 3 - разбор расчёта; 2 - объяснение двух знаменателей. Модель предполагает, что примесь полностью нерастворима, кристаллы сухие и потерь при переносе нет.

Перекристаллизация X: баланс исходных 20 г



Идеальная учебная модель: вся примесь нерастворима, потерь и испарения воды нет. Массы согласованы с разобранным примером.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Модель X: исходная смесь 20 г, из них X - 18 г, нерастворимая примесь - 2 г. Растворимость дана ниже. Воду не испаряют; кристаллы после охлаждения до 20 °С отделяют и полностью высушивают.

Температура	Растворимость X	При 50 г воды
80 °С	40 г на 100 г воды	Рассчитать максимальную массу X
20 °С	10 г на 100 г воды	Рассчитать оставшуюся массу X

2 минуты - выпишите допущения; 3 - рассчитайте вместимость раствора при двух температурах; 3 - заполните баланс X и примеси; 3 - объясните различие 72,2% и 65%. Форма: «в кристаллах ... г; в маточном растворе ... г X; на первом фильтре ... г примеси». 8 класс: используйте $m = S \times m(\text{воды})/100$. 9 класс: поясните, какие потери дополнительно уменьшили бы выход. Критерии: баланс 20 г, корректный знаменатель, отсутствие неподтверждённого заявления о чистоте.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Состав смеси тот же, изменяют только массу воды. Условия растворимости прежние. Сначала проверьте, растворится ли весь X при 80 °С, затем рассчитывайте кристаллы.

Вариант	Масса воды	Требование
А	40 г	Проверить полное горячее растворение
Б	100 г	Найти массу кристаллов при охлаждении
В	50 г	Сравнить с предыдущей практикой

1 минута - чтение; 3 - расчёты горячей и холодной растворимости; 2 - выбор разумного варианта из данных; 2 - пояснение, почему «воды побольше» не всегда улучшает извлечение. Для А не применяйте формулу полного растворения к 18 г без проверки.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты - рассмотрите влажные кристаллы массой 15 г вместо ожидаемых сухих 13 г. 3 - обсудите две версии: «больше X» и «остался маточный раствор». 2 - сформулируйте, как проверить массу и почему это ещё не полная проверка чистоты.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

Вымышленный Y: в 30 г воды растворяется 12 г при высокой температуре и 3 г при низкой. Взято 10 г чистого Y, всё растворилось. За 3 минуты найдите массу кристаллов, массу Y в растворе, извлечение и объясните отсутствие 100%. 1 минута - ключ; 1 - сдача.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Работа только с моделью растворимости и готовыми данными. Нужны калькулятор и схема стадий. Нагрев, горячая фильтрация и работа с растворителями учениками не выполняются. Вещество X вымышленное: его таблица предназначена для расчётов и не является свойством конкретного химиката. Предпосылки: раствор, растворимость в граммах на 100 г воды и процент. 8 класс получает пропорцию; 9 класс проверяет выбор количества растворителя и основания для вывода о чистоте.

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 материалы для текущего занятия включены. Вариант без регистрации: ученические листы PDF и доска. Минуты включают чтение, запись и переходы. Ответы показывайте после самостоятельной попытки. В конце соберите индивидуальную работу: 0-1 балл - вернуться к примеру, 2-3 - уточнить пропущенное звено, 4 - объяснить границу вывода. Это обратная связь, не обязательная школьная отметка.

Разбор практики 1 и критерии

Горячий раствор вмещает $40 \times 50/100 = 20$ г X, холодный - $10 \times 50/100 = 5$ г. Получено 13 г кристаллов; 5 г X осталось растворённым; 2 г примеси отделены. Баланс исходной твёрдой смеси: $13 + 5 + 2 = 20$ г. 72,2% - извлечение нужного вещества из 18 г, 65% - масса кристаллов относительно всех 20 г. В идеальной модели примеси в кристаллах нет по допущению, но в реальном опыте чистоту надо измерять, а не выводить из красивого вида.

Ответ и объяснение практики 2

В А горячий предел 16 г, меньше 18 г: весь X не растворится, и горячий остаток нельзя считать только примесью. В Б горячий предел 40 г, холодный 10 г: кристаллы $18 - 10 = 8$ г, извлечение 44,4%. В В получено 13 г и 72,2%. Среди этих трёх для полного растворения и лучшего расчётного извлечения подходит 50 г воды. Теоретический минимум горячей воды $18/40 \times 100 = 45$ г; это расчёт модели, не инструкция работы с нагревом.

Опора для обсуждения

Нужно корректное высушивание по лабораторному протоколу и сравнение повторных взвешиваний, а не вывод о выходе по влажному образцу. Даже постоянная масса не устанавливает химическую чистоту: нужна отдельная подходящая проверка. Число 15 г само по себе не показывает ни успех, ни нарушение.

Ключ и критерии индивидуальной работы

Кристаллы $10 - 3 = 7$ г; в растворе 3 г; извлечение $7/10 \times 100\% = 70\%$. Часть вещества остаётся растворённой при конечной температуре. По 1 баллу за каждый элемент, всего 4. Нельзя вычитать $12 - 3$: 12 г - предел вместимости, а взяли только 10 г.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Перекристаллизация и растворимость	Сопоставляет горячую и холодную вместимость	Правильный расчёт кристаллов
Очистка веществ	Разделяет примесь и маточный раствор	Объясняет уменьшение массы
Обработка данных	Выбирает знаменатель и проверяет баланс	Не смешивает извлечение и чистоту

Опора - раздел «Эксперименты по химии» опубликованной программы на 64 часа. Урок конкретизирует исходные темы и занимает 45 минут. Сценарий, распределение времени и числовые имитации - методическая разработка. Предметные операции с нагревом и аналитическими реактивами заменены безопасным анализом схем и готовых данных; это не отчёт о проведённом опыте.

[Исходная программа](#)

Источники и права на изображения

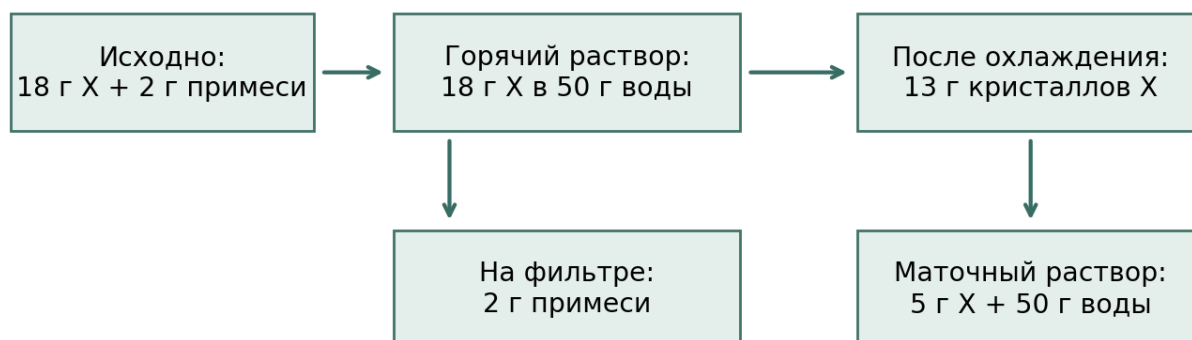
[University of York: выбор растворителя для перекристаллизации](#)

[University of Massachusetts: Recrystallization](#)

Источники проверены 15.10.2026. Все числовые серии явно заданы как учебные модели; их нельзя описывать как результаты проведённых авторами опытов. Оригинальные схемы: портал «Школы России», для этого урока. Они не являются фотографиями. Ответы и примечания учителю в PDF вынесены в отдельную часть.

Иллюстрация: увеличенная копия для печати

Перекристаллизация X: баланс исходных 20 г



Идеальная учебная модель: вся примесь нерастворима, потеря и испарения воды нет. Массы согласованы с разобранным примером.