



# Урок 21. Тонкослойная хроматография

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 21 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

У неизвестной пробы пятно стоит на той же высоте, что у стандарта. Достаточно ли этого совпадения, чтобы назвать вещество?

Проверяемый результат:

Прочитать модель тонкослойной хроматограммы, рассчитать  $R_f$ , сопоставить пробу со стандартами на одной пластинке и предложить проверку совпадения.

## 01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

На одной пластинке стандарт А и неизвестная проба Х дали пятна на высоте 2 см от старта. Стандарт Б дал пятно на высоте 5 см. Фронт везде прошёл 8 см. Ученик пишет: «Х - точно чистое А».

1 минута - прочитайте вывод. 2 минуты - разделите его на два утверждения: о составе и о чистоте. 2 минуты - запишите, какие ещё объяснения совместимы с совпадением пятен. При чтении схемы сравнивайте расстояния от старта, а не от края рисунка.

## 02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, модель и проверка

В тонкослойной хроматографии неподвижная фаза - тонкий слой материала на подложке; часто используют силикагель. Растворитель движется по слою и переносит компоненты с разной скоростью. В отличие от бумажной полоски, здесь опорой служит пластинка. Для разделения важны состав растворителя, свойства слоя и взаимодействие компонентов с обеими фазами.

$R_f$  вычисляют как расстояние от старта до центра пятна, делённое на расстояние от старта до фронта. Сравнивают значения прежде всего на одной пластинке при одинаковом развитии. Два разных вещества иногда имеют близкие  $R_f$ . Бесцветное или слишком слабое вещество может не дать видимого пятна. Поэтому совпадение - основание для гипотезы, не окончательное установление состава.

Разобранный пример: А -  $2/8 = 0,25$ ; Б -  $5/8 = 0,625$ . У Х две зоны на 2 и 5 см. Значения Х совпадают с А и Б на этой пластинке. Корректно: результат согласуется с присутствием компонентов, сходных по поведению с А и Б. Для подтверждения используют совместное нанесение, другую систему разделения или независимый метод.

4 минуты - объяснение фаз; 3 - расчёт; 2 - ученик исправляет исходную фразу. Совместная проба без раздвоения пятна усиливает гипотезу, но тоже не даёт абсолютного доказательства.

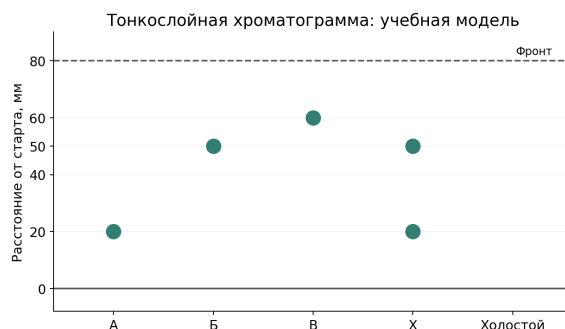


Схема заданной пластинки: один старт, фронт 80 мм и отдельные дорожки. Совпадение высот не является достаточным доказательством состава.



### 03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Одна модельная пластинка, одна партия слоя, один растворитель. Фронт прошёл 80 мм от старта. Таблица задаёт центры всех обнаруженных пятен; схема выполнена в том же масштабе расстояний.

| Дорожка           | Пути центров пятен, мм | Назначение                      |
|-------------------|------------------------|---------------------------------|
| А                 | 20                     | Стандарт А                      |
| Б                 | 50                     | Стандарт Б                      |
| В                 | 60                     | Стандарт В                      |
| Х                 | 20; 50                 | Неизвестная смесь               |
| Холостой контроль | Нет видимых пятен      | Растворитель и чистая пластинка |

2 минуты - разметьте старт и фронт; 4 - вычислите  $R_f$  всех зон; 3 - составьте вывод о Х и роли холостого контроля; 2 - обменяйтесь формулировками. Форма: «Х имеет зоны ...; они совпадают с ...; нельзя исключить ...». 8 класс: начните с 20/80. 9 класс: объясните, почему отсутствие зоны В не равно доказанному отсутствию любых следов В. Критерии: 5 верных отношений, сопоставимые условия, ограничение обнаружения.

### 04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Вторая система с другим растворителем проверяет предварительное совпадение А и У. Каждая колонка - самостоятельная пластинка со своими стандартами. На обеих фронт 60 мм.

| Образец          | Система 1: путь, мм | Система 2: путь, мм |
|------------------|---------------------|---------------------|
| Стандарт А       | 18                  | 42                  |
| Проба У          | 18                  | 24                  |
| Совместная А + У | Одна зона 18        | Две зоны 24 и 42    |

1 минута - чтение; 3 - рассчитайте  $R_f$  А и У в каждой системе; 2 - объясните совместную дорожку; 2 - сформулируйте, какой первоначальный вывод теперь отвергается. Результат: четыре отношения и два доказательства по новой пластинке.

### 05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты - подготовьте аргумент к предложению «сделаем вторую пластинку при тех же условиях и получим полное доказательство». 3 минуты - сравните повторяемость и дополнительную различающую способность. 2 - выберите следующую проверку для совпавших зон и объясните её пользу.

### 06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

На одной пластинке фронт 50 мм, стандарт К - 30 мм, проба Z - 30 мм. За 3 минуты рассчитайте два  $R_f$ , сформулируйте допустимый вывод и предложите проверку идентичности. 1 минута - ключ, 1 - исправление.



# Ответы, критерии и примечания учителю

## Учителю: подготовка и план на 45 минут

Нужны готовая схема пластинки, две таблицы, линейка и калькулятор. Никаких органических растворителей, проявителей и ультрафиолетовых ламп в руках учеников: работа только с изображениями и учебными данными. Предпосылки: старт, фронт,  $R_f$  из урока 20. Объясните, что схема не является фотографией реального опыта. В 8 классе подпишите дорожки вместе; в 9 - сравните ограниченность вывода по одной и двум системам.

| 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

$A = 20/80 = 0,25$ ;  $B = 50/80 = 0,625$ ;  $B = 60/80 = 0,75$ .  $X$ : 0,25 и 0,625. Поведение согласуется с  $A$  и  $B$ . В модели нет обнаруженной зоны на уровне  $B$ , но реальный метод мог бы не увидеть малую концентрацию. Холостой контроль без пятен не показывает загрязнения в пределах обнаружения; он не гарантирует отсутствие всех примесей. Совпадение  $R_f$  не исключает другое вещество с тем же перемещением.

## Ответ и объяснение практики 2

Система 1:  $A$  и  $Y$  по  $18/60 = 0,30$ . Система 2:  $A = 42/60 = 0,70$ ,  $Y = 24/60 = 0,40$ . Совместная дорожка во второй системе имеет две зоны, поэтому в заданной модели  $A$  и  $Y$  ведут себя различно. Первая система их не различала. Нельзя сравнивать  $R_f$  0,30 и 0,70 как изменение самого вещества без учёта смены растворителя. Новые данные отвергают простое отождествление  $Y$  с чистым стандартом  $A$ .

## Опора для обсуждения

Повтор в той же системе проверяет воспроизводимость, но может снова не разделить разные вещества. Другая система или независимый метод способны дать новую различающую информацию. Хорошая проверка сохраняет стандарты рядом с пробой и фиксирует условия, а не сравнивает случайные картинки из разных опытов.

## Ключ и критерии индивидуальной работы

Оба  $R_f = 30/50 = 0,60$ . Результат согласуется с одинаковым поведением в этой системе, но не доказывает одинаковый состав и чистоту  $Z$ . Проверка: совместная дорожка и другая система со стандартом либо независимый метод. 1 балл за отношения, 1 за допустимый вывод, 1 за ограничение, 1 за содержательную проверку. Всего 4.



## 07. Соответствие исходной программе

### Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

| Пункт программы            | Действие ученика                                 | Проверяемый результат                 |
|----------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Тонкослойная хроматография | Читает пластинку со стандартами                  | Верные дорожки, старт, фронт и Rf     |
| Идентификация и очистка    | Проверяет совпадение в другой системе            | Не считает один Rf паспортом вещества |
| Достоверность результата   | Объясняет холостой контроль и предел обнаружения | Вывод ограничен данными               |

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

Royal Society of Chemistry: Chromatography

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

Тонкослойная хроматограмма: учебная модель

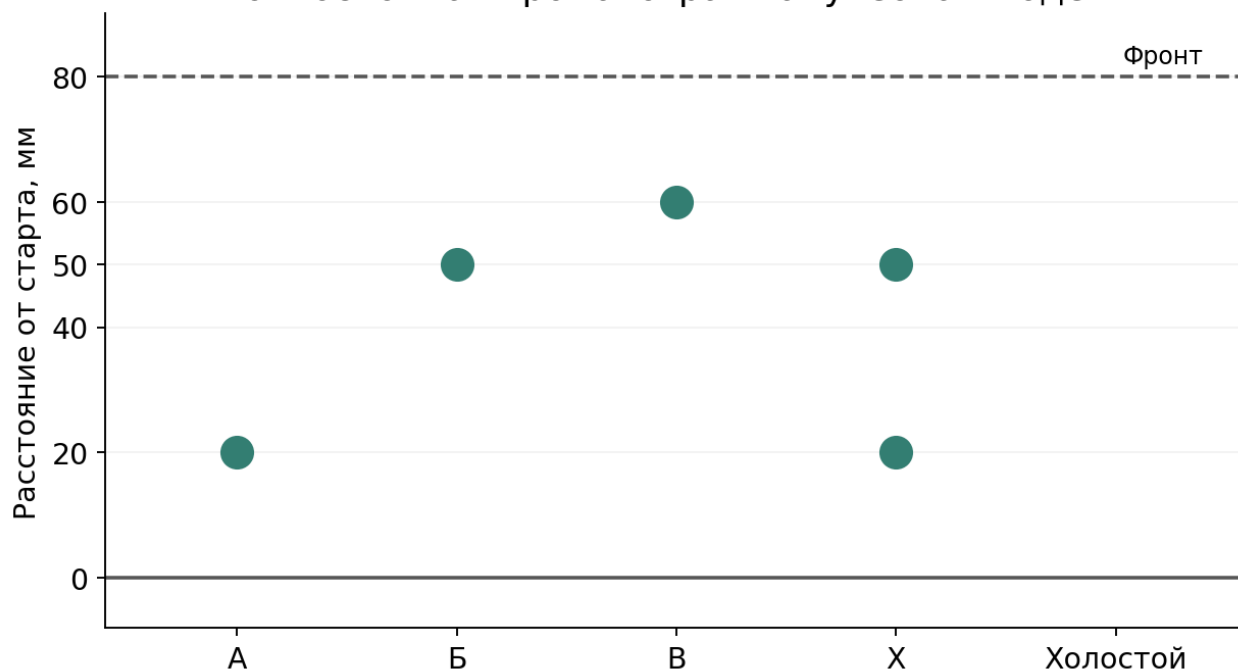


Схема заданной пластинки: один старт, фронт 80 мм и отдельные дорожки. Совпадение высот не является достаточным доказательством состава.