



Урок 20. Бумажная хроматография

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 20 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

Одна зелёная капля дала на бумаге жёлтую и синюю полосы. Был ли исходный краситель одним веществом и как сравнить пути пятен?

Проверяемый результат:

Описать разделение красителей на бумаге, измерить расстояния от старта и вычислить относительный путь пятна; объяснить, что совпадение пятен ещё не доказывает одинаковый состав.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

Вымышленная упаковка называет краситель «зелёным». После перемещения воды по бумаге видны два окрашенных участка: жёлтый и синий. Один ученик считает, что вода создала новый цвет; другой - что разделились компоненты.

1 минута - выберите гипотезу; 2 - запишите, какой результат поддержит разделение; 2 - договоритесь, что нужно отметить на бумаге до высыхания. Учитель в начале урока запускает подготовленную полоску, чтобы к практике был доступен образец.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, модель и проверка

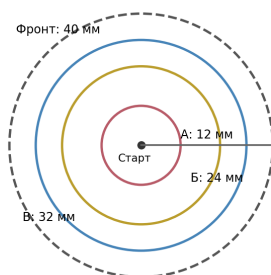
Хроматография разделяет компоненты за счёт различия их взаимодействия с неподвижной и подвижной фазами. Здесь неподвижная система связана с бумагой, подвижная - с водой, которая перемещается по ней. Компоненты по-разному удерживаются и переносятся растворителем. Цвет не задаёт скорость заранее.

Старт отмечают карандашом. Краситель наносят маленьким пятном, дают ему подсохнуть. Старт должен находиться выше уровня воды в стакане: иначе образец уйдёт в воду, а не начнёт разделяться по бумаге. Фронт растворителя отмечают сразу после извлечения, пока он виден. Измеряют от одной стартовой линии до центра пятна и до фронта.

Относительный путь $R_f = \text{путь центра пятна} / \text{путь фронта}$. Единицы должны совпадать; отношение безразмерное. Разобраный пример: фронт прошёл 8 см, пятно - 2 см. $R_f = 2/8 = 0,25$. Пятно на 6 см имеет $R_f = 0,75$. Эти числа не являются постоянным паспортом при любых растворителях и бумаге.

В радиальном варианте растворитель идёт от центра к краю; вместо вертикальных расстояний сравнивают радиусы от центра старта. Схема показывает такой вариант, но безопасная практическая проба выполняется на готовой полоске. 4 минуты - объяснение; 3 - пример; 2 - контроль выбора начала отсчёта.

Радиальная хроматограмма: учебная модель



Расстояния на радиальной схеме измеряют от центра. Цвета условные; радиусы соответствуют данным практики 2.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Для собственной пробы отметьте карандашом старт в 1 см от нижнего края готовой полоски, поставьте небольшую каплю проверенного красителя и дайте подсохнуть. Опустите только нижний край в слой воды около 3 мм; старт выше воды. Закрепите полоску так, чтобы она не падала, и не трогайте её при движении фронта. Извлеките до достижения верхнего края, сразу отметьте фронт. Это работа с водой комнатной температуры. Если цвет не разделился, запишите именно это, затем решите задачу по готовой учебной серии.

Объект	Путь от стартовой линии, см	Как измеряли
Фронт воды	8,0	До видимой границы смачивания
Жёлтое пятно	2,0	До центра пятна
Синее пятно	6,0	До центра пятна

2 минуты - проверьте старт и образец; 4 - рассмотрите собственную полоску или готовые данные; 3 - рассчитайте два R_f и нарисуйте старт, фронт и центры; 2 - сравните вывод с первоначальной гипотезой. 8 класс: используйте формулу из примера. 9 класс: укажите последствия размытого пятна и неопределённого центра. Критерии: два верных отношения, общая линия отсчёта, вывод без обещания установления молекулярного состава.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Готовая радиальная хроматограмма: старт в центре, фронт образует окружность радиусом 40 мм. Условные компоненты образовали кольца. Это учебная модель, не фотография опыта.

Объект	Радиус от центра, мм	Задача
Кольцо А	12	Вычислить R_f
Кольцо Б	24	Вычислить R_f
Кольцо В	32	Вычислить R_f
Чужая полоска	Пятно 3 см; фронт 6 см; другая бумага	Можно ли сразу отождествить компонент?

1 минута - чтение, 3 - три вычисления и подписи колец, 2 - анализ чужой полоски, 2 - вывод о сопоставимости условий. Запишите четыре отношения и одно правило сравнения.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты - защитите утверждение «одно видимое пятно означает чистое вещество». 3 минуты - другая пара предложит альтернативы: компоненты не разделились, бесцветны или слишком слабы. 2 - составьте осторожный вывод для одного и двух пятен.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

Фронт прошёл 60 мм, центр пятна - 45 мм. За 3 минуты рассчитайте R_f , назовите начало отсчёта, объясните, почему нельзя погружать старт в воду, и ограничьте вывод по одному пятну. 1 минута - ключ; 1 - сдача.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Подготовьте фильтровальную бумагу или заранее проверенный кофейный фильтр, пищевые водорастворимые красители, воду комнатной температуры, невысокие пластиковые стаканы, карандаш, линейку и защиту стола. Красители только разрешённые учителем; не пробовать их на вкус, не применять спирт и неизвестные чернила. Учитель заранее проверяет, разделяется ли выбранная смесь водой, и готовит образец. Полоски 3 × 12 см подготовлены взрослым. Нужны готовая линейная и радиальная схемы. Никаких аккаунтов. Если за время урока разделение не завершилось, анализируют предоставленные данные, честно отделяя их от своего наблюдения.

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

R_f жёлтого = $2/8 = 0,25$; синего = $6/8 = 0,75$. Два разделившихся окрашенных участка согласуются с наличием как минимум двух различных окрашенных компонентов в этих условиях. По оттенку нельзя назвать химические вещества. Размытость создаёт неопределённость центра. Отсутствие разделения в собственной пробе не даёт права переписать готовую серию как свой опыт.

Ответ и объяснение практики 2

А: $12/40 = 0,30$; Б: $24/40 = 0,60$; В: $32/40 = 0,80$. На чужой полоске $3/6 = 0,50$. Это не совпадает с тремя модельными значениями; даже совпадение не доказывало бы идентичность, особенно при другой бумаге. Для сравнения нужны одинаковые условия и стандарты рядом с пробой; возможна совместная проба и другой метод.

Опора для обсуждения

Одно пятно означает только одну обнаруженную зону в этих условиях; чистота не доказана. Два пятна показывают разделение по крайней мере двух обнаруживаемых зон, если исключены загрязнение и изменение пробы. Пустой контроль бумаги и растворителя помогает проверить посторонние пятна.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$45/60 = 0,75$; расстояния от одной стартовой линии. Погружённый старт вымывает образец в жидкость и нарушает нормальное развитие полоски. Одно пятно не доказывает чистоту: несколько компонентов могут двигаться вместе или не обнаруживаться. По 1 баллу за каждый элемент, всего 4.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Анализ смеси красителей бумажной хроматографией	Наблюдает полосу и разбирает радиальную схему	Отмечает старт, фронт и зоны
Физические свойства и разделение	Связывает перенос с удерживанием	Не приписывает движение одному только цвету
Измерения и вывод	Вычисляет R_f и проверяет условия	Безразмерные отношения и ограниченный вывод

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](#)

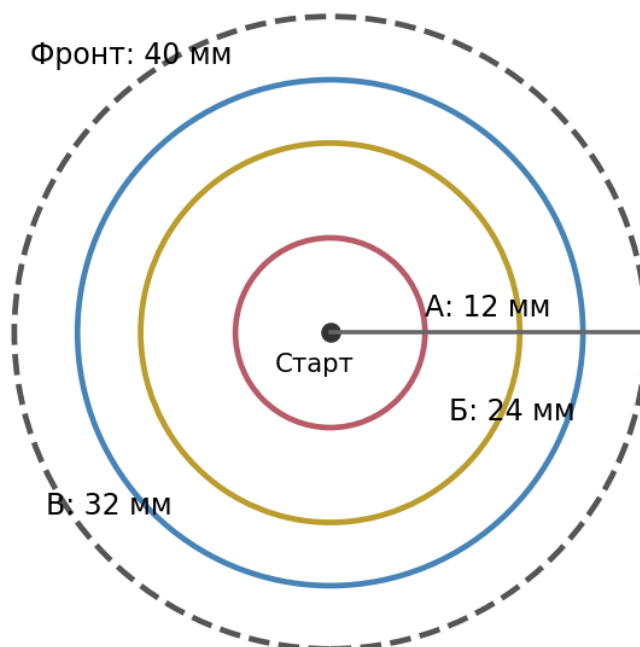
Источники и права на изображения

[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

Радиальная хроматограмма: учебная модель



Расстояния на радиальной схеме измеряют от центра. Цвета условные; радиусы соответствуют данным практики 2.