



# Урок 51. Диффузия и температура

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 51 из 64 · 45 минут · Модуль «Объединяем науки: перенос вещества»

Уровень: базовый исследовательский. 8 класс - работа с формулами и опорами; 9 класс - самостоятельная проверка модели и ограничений.

Вся программа курса

В тёплом образце окрашенная область расширилась быстрее. Доказывает ли это именно ускорение диффузии?

Проверяемый результат:

Сравнить распространение красителя по готовым данным, проверить зависимость характерного расстояния от времени и отличить диффузию от перемешивания потоком.

## 01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

В одинаковых подготовленных гелях одна и та же граница окраски достигла 4 мм от старта за 16 минут при 20 °C и за 8 минут при 30 °C. В отдельном стакане тёплой воды окраска распространилась за секунды после внесения капли.

1 минута - выделите два разных сравнения; 2 - предложите объяснения; 2 - укажите, почему стакан сам по себе не доказывает более быструю диффузию. Все числа - учебная имитация, не измерения авторов.

## 02. Объяснение и разобранный пример

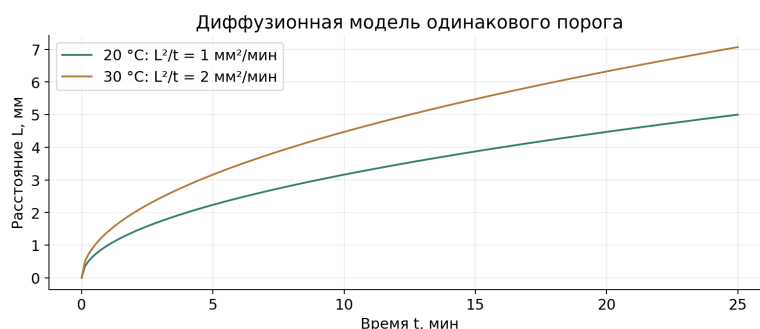
5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Диффузия связана с хаотическим движением частиц и приводит к суммарному переносу при неоднородной концентрации. Она не требует целенаправленного движения каждой молекулы к «свободному месту». Температура, свойства среды и размер частиц влияют на распространение; у разных сред зависимость различается.

Конвекция переносит вещество вместе с объёмным потоком жидкости. После внесения капли возможны струя, разность плотностей и движение из-за нагрева. Поэтому скорость видимой окраски воды не равна скорости одной диффузии. Гель и одинаковая процедура внесения уменьшают влияние потоков, но не устраняют все ошибки.

В нашей упрощённой серии одинаковый оптический порог задаёт характерное расстояние  $L$ , а  $L^2$  пропорционально  $t$ . Это модель при одинаковых начальных условиях и пороге, не постоянная скорость фронта. Пример: 2 мм за 4 минуты, 4 мм за 16 минут. Удвоение расстояния потребовало вчетверо больше времени.  $L^2/t = 1 \text{ мм}^2/\text{мин}$  в обоих случаях.

На 9 минут: 3 - диффузия и конвекция, 3 - расчёт примера, 2 - контроль порога и температуры, 1 - ограничение. Значение  $L^2/t$  здесь служит сравнительным показателем; без конкретной модели распределения его нельзя называть точным коэффициентом диффузии  $D$ .



Учебные кривые  $L = \sqrt{t}$  и  $L = \sqrt{2t}$ , где  $L$  в мм,  $t$  в мин. Цвет - обозначение температур, не изображение реального красителя. Сравнивается одинаковый порог окраски.



### 03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

Готовая учебная серия для двух температур. Одинаковы состав геля, размер начального пятна, краситель и порог определения границы. Температура поддерживается постоянной.

| L, мм | t при 20 °С, мин | t при 30 °С, мин |
|-------|------------------|------------------|
| 2     | 4                | 2                |
| 3     | 9                | 4,5              |
| 4     | 16               | 8                |

2 минуты - проверьте условия; 4 - вычислите  $L^2/t$  для шести случаев; 3 - предскажите время достижения 5 мм; 2 - запишите вывод. 8 класс сравнивает времена по строкам; 9 класс проверяет постоянство показателя в каждой колонке. Продукт: шесть расчётов и два прогноза. Не делайте вывод о любой жидкости при любой температуре.

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

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

Проверка качества другого исследования: серия А - 20 °С, гель, пятно 2 мм, одинаковый порог; Б - 30 °С, тот же гель и пятно; В - 30 °С, вода, капля из пипетки с высоты; Г - 30 °С, тот же гель, но пятно 6 мм и другой порог.

1 минута - прочтите; 3 - выберите пару для влияния температуры; 2 - назовите по два смешивающихся фактора для В и Г; 2 - составьте исправленный протокол из четырёх шагов. 8 класс подчёркивает различия; 9 класс объясняет, почему даже красивый график не исправляет некорректное сравнение. Продукт: выбор и протокол.

### 05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

2 минуты: сравните «распространяется быстрее - значит, частицы движутся направленно» и «хаотическое движение даёт суммарный перенос». 3 минуты: используйте различие диффузии и конвекции, предложите контроль. 2 минуты: сформулируйте, что доказано нашей серией и что остаётся гипотезой.

### 06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

По модели  $L^2/t=2 \text{ мм}^2/\text{мин}$  найдите время достижения 6 мм. Затем назовите один способ уменьшить влияние конвекции и одно условие сравнения температур. 3 минуты - ответ, 2 - сверка.



# Ответы, критерии и примечания учителю

## Учителю: подготовка и план на 45 минут

Линейка, калькулятор, карандаш; схема и серии включены. Предпосылки: молекулярное движение, температура, квадрат числа. Не нужны нагреватели, аммиак, неизвестные культуры или бытовая химия. Используется учебная модель красителя в однородном геле, подавляющем крупные потоки. 8 класс сравнивает времена на одном расстоянии; 9 класс проверяет  $L^2/t$  и объясняет предел этой модели.

| 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 показывайте 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 критерии обратной связи, не обязательная школьная отметка.

## Разбор практики 1 и критерии

При 20 °C показатель 1 мм<sup>2</sup>/мин, при 30 °C - 2 мм<sup>2</sup>/мин. Для 5 мм: 25 минут и 12,5 минуты соответственно, если модель остаётся применима. При одном L время уменьшилось вдвое. Увеличение L с 2 до 4 мм не удваивает время: оно увеличивает его вчетверо.

## Ответ и объяснение практики 2

Для температуры подходит А-Б. У В одновременно изменены среда и способ внесения, возможен поток. У Г меняются начальный размер и правило измерения. Протокол: приготовить одинаковые образцы и источник красителя; задать температуры; одинаково отсчитывать расстояние и время по одному порогу; выполнить повторы. График описывает данные, но не устраняет смешение причин.

## Опора для обсуждения

Серия соответствует более быстрому распространению при 30 °C в выбранной модели и условиях. Она не доказывает постоянную скорость каждой частицы и не даёт универсальной температурной формулы. Нужно различать движение отдельных молекул, суммарный поток и видимое движение окраски.

## Ключ и критерии индивидуальной работы

$t=36/2=18$  мин. Четыре балла: квадрат расстояния, время с единицей, гель или иной обоснованный контроль потоков, одинаковый порог/состав/начальное пятно. Перемешивание ложкой не является способом убрать конвекцию.



## 07. Соответствие исходной программе

### Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

| Пункт программы                      | Действие ученика                     | Проверяемый результат                       |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|
| Диффузия. Зависимость от температуры | Сравнивает готовые временные серии   | Обосновывает влияние температуры в модели   |
| Практическое занятие №2              | Разделяет диффузию и перенос потоком | Предлагает корректное контрольное сравнение |

Опора - раздел «Объединяем науки» опубликованной программы на 64 часа. Это самостоятельный урок на 45 минут. Учебные данные, подробный сценарий и распределение времени - методическая разработка. Анализ подготовленных серий и бумажных моделей не выдаётся за проведение опыта на занятии.

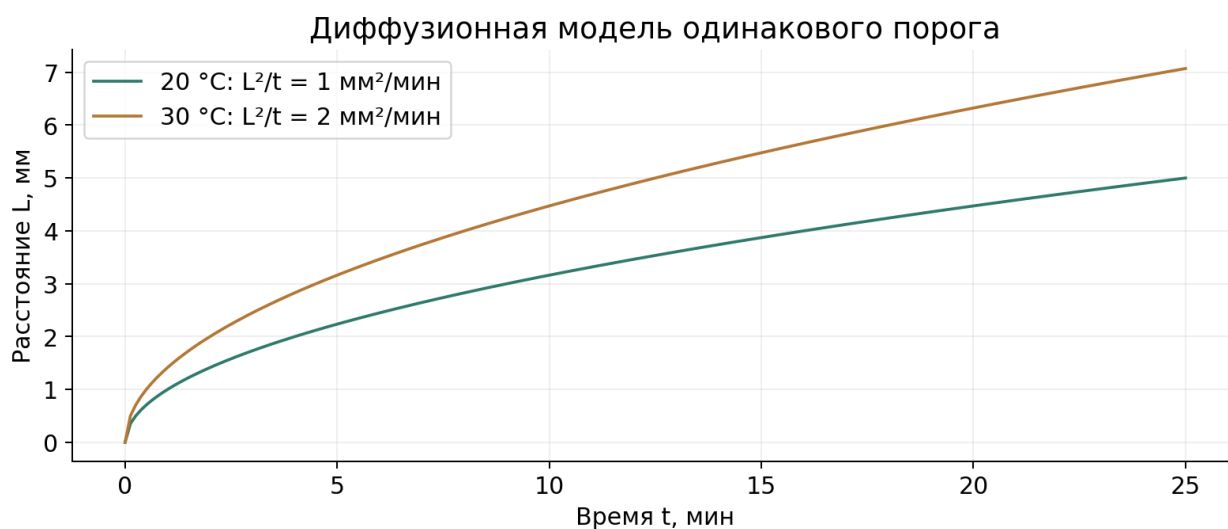
Исходная программа

### Источники и права на изображения

OpenStax: пассивный транспорт и осмос

Источники проверены 15.10.2026. Все числовые наборы - учебные модели, не результаты проведённых авторами опытов. Оригинальные схемы и графики подготовлены порталом «Школы России» для этого урока. Они не являются фотографиями. Ответы и примечания учителю в PDF выделены отдельно.

### Иллюстрация: увеличенная копия для печати



Учебные кривые  $L=\sqrt{t}$  и  $L=\sqrt{(2t)}$ , где  $L$  в мм,  $t$  в мин. Цвет — обозначение температур, не изображение реального красителя. Сравнивается одинаковый порог окраски.