

# ДОКТОР ДРЮ, ПЛОТНОСТЬ И ДИФФУЗИЯ:

ДОКТОР ЧАРЛЬЗ РИЧАРД ДРЮ

*ДАРИТЬ ЖИЗНЬ ЧЕРЕЗ ИССЛЕДОВАНИЯ КРОВИ*

**Темы STEM<sup>2</sup>D:**

*наука, математика*

**Целевая аудитория:**

*ученики от 8 до 14 лет*



**STEM<sup>2</sup>D**  
.org



**Smithsonian**  
Science Education Center



**NATIONAL MUSEUM  
of AFRICAN AMERICAN  
HISTORY & CULTURE**

 Smithsonian



**ДОКТОР ДРЮ, ПЛОТНОСТЬ И ДИФфуЗИЯ: Занятие «Доктор Чарльз Ричард Дрю (Charles Richard Drew). „Дарить жизнь через исследования крови“»**

входит в серию занятий STEM2D для учеников. Контент был разработан подразделением обучения образовательного департамента Национального музея афроамериканской истории и культуры при поддержке компании Dow Chemical. Оформление было разработано Смитсоновским научно-образовательным центром в рамках инициативы Johnson & Johnson WiSTEM<sup>2</sup>D (Women in Science, Technology, Engineering, Mathematics, Manufacturing, and Design — Женщины в науке, технологии, разработке, математике, производстве и проектировании) с использованием шаблона, предоставленного FHI 360 и JA Worldwide. Эта серия состоит из интерактивных и увлекательных практических занятий для девочек (и мальчиков) в возрасте от 5 до 18 лет из всех стран мира.

© 2020 Smithsonian Institution

Все права защищены. Первое издание, 2019 год.

Уведомление об авторских правах

Ни одна из частей данного модуля и ни одна из работ на основе данного модуля не может быть использована, распространена или воспроизведена в любых целях, кроме законного использования, без корректной отсылки к источнику и письменного разрешения Смитсоновского научно-образовательного центра и Национального музея афроамериканской истории и культуры.

Дизайн и иллюстрации Софии Элиан

# ДОКТОР ЧАРЛЬЗ РИЧАРД ДРЮ

## ДАРИТЬ ЖИЗНЬ ЧЕРЕЗ ИССЛЕДОВАНИЯ КРОВИ

### ВВЕДЕНИЕ

Доктор Чарльз Дрю — афроамериканский врач, проводивший исследования в сфере переливания крови в начале XX века. Его исследования легли в основу современных станций переливания крови, а также методов забора и хранения крови, многие из которых используются до сих пор. В этой серии уроков участники познакомятся с историей доктора Дрю, афроамериканского врача-исследователя, жившего в 1900-х годах. Кроме того, через практические задания они узнают, что такое плотность, диффузия, а также кровообращение и дыхательная система. Мы хотим, чтобы ученики оценили вклад доктора Дрю в медицину и поняли принципы STEM, лежащие в основе его труда.



*Национальная портретная галерея, Смитсоновский институт; подарок фонда Harmon Foundation*

# ДОКТОР ДРЮ, ПЛОТНОСТЬ И ДИФФУЗИЯ: Связь кровообращения и дыхательной системы

## Вводное задание

(выполняется при наличии времени. В противном случае перейдите к заданию 1.)

**Темы:** наука, математика

**Целевая аудитория:** ученики от 8 до 14 лет

## ОПИСАНИЕ ЗАДАНИЯ

Это задание познакомит учеников с системами кровообращения и дыхания, а также поможет им узнать, как они связаны. Прежде чем приступить к этому заданию, узнайте, что ученики уже знают о кровообращении и дыхательной системе, задав такие вопросы, как «Почему мы дышим?» и «Почему бьется сердце?». На протяжении всего занятия учащиеся могут делиться своими прогнозами и рассуждать, что произойдет, после выполнения заданий.



### **ПРИМЕРНАЯ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ:**

для выполнения этого задания обычно требуется 20 минут.

## ОТКРЫТИЯ УЧЕНИКОВ

**Во время занятия ученики смогут:**

- определить взаимосвязь систем кровообращения и дыхания;
- принять участие в командном обучении;
- узнать, как предметы STEM<sup>2</sup>D — наука, технология, разработка, математика, производство и проектирование — могут быть использованы для понимания устройства человеческого тела, в частности систем кровообращения и дыхания;
- развить важные навыки STEM<sup>2</sup>D, такие как измерение, принятие решений и решение проблем;

## ПОДГОТОВКА

**Материалы:** предполагается подготовка материалов перед началом занятия с учениками.

- Контрольный список ведущего
- Форма «Рассказать историю о себе»
- PowerPoint: «Доктор Дрю, плотность и диффузия»
- Одна небольшая канцелярская резинка (необязательно) на каждого ученика
- Таймер/часы/мобильный телефон для каждого ученика

### **Примерная стоимость материалов:**



Для группы из 24 учеников затраты составят менее 180 рублей (6 рублей на каждого ученика).

## ПОДГОТОВКА ВЕДУЩЕГО

1. Прочитайте документ **Spark WiSTEM<sup>2</sup>D**. Это ключевой ресурс для всех волонтеров, заинтересованных в работе с молодежью, который содержит важную фундаментальную информацию о STEM<sup>2</sup>D, стратегиях для обеспечения вовлеченности девочек, а также рекомендации по работе с группами учеников. Скачайте этот документ с веб-сайта [STEM<sup>2</sup>D.org](http://STEM<sup>2</sup>D.org).
2. Изучите **контрольный список ведущего**, который содержит подробные сведения и конкретные этапы планирования и подготовки к проведению этого занятия.
3. Прочитайте документ **STEM<sup>2</sup>D Student Activities Overview** («Обзор занятий STEM<sup>2</sup>D для учеников») для получения дополнительной информации.
4. Поэкспериментируйте с заданиями из этого руководства, чтобы лучше понять задачи, стоящие перед учениками.

## Приветствие и знакомство (15 минут)

- поприветствуйте учеников.
- Представьте и скажите, как называется ваша организация/компания. Расскажите о своем образовании и карьере. Используйте форму «**Рассказать историю о себе**» в качестве основы для своего рассказа. Будьте готовы описать свою работу или обычный рабочий день и предоставить дополнительную информацию о себе:
  - Ваше образование — сосредоточьтесь на среднем, среднем специальном и высшем образовании
  - Текущие рабочие проекты
  - Интересы и хобби
  - Почему вам нравится STEM2D и как ваша работа связана с этой областью.
- Попросите учеников или добровольцев, которые помогают вам сегодня, представиться.
- Используйте вопросы для начала беседы, чтобы узнать больше об учениках и их интересах.
- Обсудите возможности, которые предлагаются в местном сообществе для поддержки учеников, развития их интересов и личного опыта.
- Расскажите ученикам, что ваша профессия — это всего лишь одна из множества карьерных возможностей, которые предлагает STEM<sup>2</sup>D — наука, технология, разработка, математика, производство и проектирование.
- Объясните, что профессии STEM<sup>2</sup>D очень востребованы, активно развиваются и сохраняют свою популярность в течение следующих 10 лет.
- Некоторые профессии STEM<sup>2</sup>D не требуют получения диплома о высшем образовании и предлагают молодым людям привлекательные карьерные возможности и высокий заработок. Подчеркните важность приобретения математических и технических навыков для достижения успеха в любой профессии STEM<sup>2</sup>D.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ НАЧАЛА БЕСЕДЫ: ПЛАНИРОВАНИЕ КАРЬЕРЫ**

- Когда вы думаете о своем будущем, что вам нравится в нем больше всего?
- Вы предпочли бы работать в одной команде с другими людьми, в крупной компании, вместе с друзьями или на себя? Почему?
- Как выглядит ваш идеальный рабочий день? Вы работаете на открытом воздухе? Самостоятельно или вместе с коллегами? Вы решаете проблемы? Вы чините или строите что-то?

## ПОШАГОВЫЕ ИНСТРУКЦИИ

### Измерение частоты сердечных сокращений в состоянии покоя

- Ученики сидят на месте, стараясь не двигаться, в течение 1–2 минут.
- Затем они кладут указательный и средний пальцы на запястье.
- Они должны посчитать количество ударов за 10 секунд. (Для точности следует использовать секундомер или часы с секундной стрелкой.)
- После подсчета числа ударов умножьте это число на 6, чтобы рассчитать частоту сердечных сокращений в минуту в состоянии покоя.
- Число, которое получилось у учеников, показывает, сколько раз бьются их сердца в течение минуты, пока они отдыхают.

### Увеличение частоты сердечных сокращений при физической нагрузке

- Сначала попросите учеников спрогнозировать, насколько изменится частота сердечных сокращений после 30 секунд физической нагрузки. Пусть они посчитают количество ударов за 10 секунд после того, как выполнят прыжки «ноги вместе — ноги врозь» в течение 30 секунд.
- Каждый ученик должен найти место, чтобы можно было разводиться руки в стороны и при этом не мешать другим.
- Теперь им предстоит выполнять прыжки «ноги вместе — ноги врозь» в течение 30 секунд.
- После этого ученики возвращаются на стулья и измеряют частоту сердечных сокращений в течение 10 секунд, как делали раньше. Важно не забыть умножить получившееся число на 6, чтобы узнать частоту сердечных сокращений после физической нагрузки в минуту.

### Снижение частоты сердечных сокращений при глубоком дыхании

- Пусть ученики удобно сядут на стулья.
- Объясните им, что они будут выполнять дыхательные упражнения, чтобы повлиять на частоту сердечных сокращений.
- Попросите их спрогнозировать, какова будет частота сердечных сокращений после выполнения дыхательного упражнения в течение одной минуты.
- Пусть дети вдыхают на счет четыре и выдыхают на счет четыре. Считайте вслух: вдох-два-три-четыре, выдох-два-три-четыре (и так в течение минуты).
- После минуты глубокого дыхания попросите учеников еще раз измерить частоту сердечных сокращений.
- Они должны положить два пальца на запястье и измерить пульс в течение 10 секунд, а затем умножить число на 6.
- Попросите их сравнить показатели: пульс в состоянии покоя, спрогнозированный и фактический пульс после физической нагрузки, а также спрогнозированный и фактический пульс после дыхательного упражнения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ

Вот несколько способов углубить знания, полученные на занятии:

1. Расскажите о том, что у спортсменов частота сердечных сокращений ниже. Почему это так? Объясните, что сердце — это мышца, и она может стать сильнее и работать эффективнее.
2. Здесь вы можете рассказать об артериальном давлении, наследственности и способах снижения давления, а также внести в урок математический компонент. Сообщите ученикам среднее количество сердечных сокращений в норме и среднюю продолжительность жизни и попросите их рассчитать количество сердечных сокращений в день, час, минуту и т. д.
3. Это даст возможность ученикам обсудить вес сердца и организма и угадать, сердце какого животного весит 180 кг.
4. Спросите учеников, почему, на их взгляд, у разных животных разный размер сердца.
5. Почему мы умножаем число ударов на 6? Каковы плюсы и минусы измерения в течение 10 секунд по сравнению с измерением в течение 60 секунд?
6. Когда, по мнению учеников, частота сердечных сокращений самая низкая, а когда самая высокая?
7. Что можно узнать о человеке, замерив его частоту сердечных сокращений?
8. Что, по вашему мнению, вызывает изменения частоты сердечных сокращений?

## ИЗМЕНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Для учеников младшего возраста

- Учеников, которые уже могут это сделать, попросите построить график их частоты сердечных сокращений. Учеников, которые пока не умеют составлять графики, попросите ранжировать/упорядочить значения частоты сердечных сокращений с помощью знаков «>», «<» и «=».

Для учеников старшего возраста

- Попросите учеников с помощью микроскопа и/или увеличительного стекла провести исследование и найти доказательства того, что живые организмы состоят из клеток. Вы можете заказать специальные предметные стекла с мазком крови.
- Попросите их посчитать, сколько сокращений сделало их сердце к этому моменту или к определенному моменту жизни. Для этого потребуются базовые навыки умножения и деления.
- Это дает возможность ученикам составлять графики частоты сердечных сокращений в состоянии покоя и после физической нагрузки, а также группировать и сравнивать данные. Сравнение данных может быть относительным или абсолютным.



# ДОКТОР ДРЮ, ПЛОТНОСТЬ И ДИФФУЗИЯ: Башня плотности

## Задание 1

**Темы:** наука, математика

**Целевая аудитория:** ученики от 8 до 14 лет

### ОПИСАНИЕ ЗАДАНИЯ

Задание «Башня плотности» знакомит учеников с концепцией плотности и легко сочетается с такими концептами STEM, как масса и объем. Разыграйте это задание по сценарию.

Пример: по сценарию ученики работают в буровой компании, и им нужно собрать определенную жидкость из башни. Они должны спрогнозировать, где в башне будет находиться эта жидкость, используя значения плотности и измерив расстояние от верхней части мерного цилиндра. Чтобы правильно выполнить задание, они должны спрогнозировать, где будет находиться каждая жидкость относительно других. В этом задании они будут оперировать знаками «>», «<» и «=», а еще им понадобится линейка. Важно, чтобы ученики внимательно следовали приведенным ниже инструкциям, пока не смогут уверенно и аккуратно наливать жидкости.



### **ПРИМЕРНОЕ ВРЕМЯ:**

для выполнения этого задания обычно требуется 20 минут.

### ОТКРЫТИЯ УЧЕНИКОВ

**Во время занятия ученики смогут:**

- измерять плотность с помощью твердых объектов;
- измерять плотность с помощью жидкостей, чтобы создать многослойную башню плотности;
- описать, почему кровь можно разделить на отдельные компоненты;
- принять участие в командном обучении;
- узнать, как идеи STEM<sup>2</sup>D — наука, технология, разработка, математика, производство и проектирование — могут быть использованы для безопасного разделения клеток крови и ее хранения на станциях переливания;
- развить важные навыки STEM<sup>2</sup>D, такие как измерение, принятие решений и решение проблем.

## ПОДГОТОВКА

### Материалы (на одну группу)

- 1 мерный цилиндр объемом 250 мл
- 7 пластиковых стаканов
- 1 контейнер с пищевыми красителями
- 30 мл кукурузного сиропа
- 30 мл шоколадного сиропа
- 30 мл растительного масла
- 30 мл медицинского спирта
- 30 мл воды
- 30 мл цельного молока
- 30 мл фруктового напитка
- 3 деревянные палочки (для перемешивания)
- 5 пластиковых пипеток
- 7 отрезков прозрачного скотча по 5 см
- 1 перманентный маркер или ручка
- 1 пустая бутылка из-под воды/газировки объемом 500 мл (необязательно для учеников младшего возраста)

### **Примерная стоимость материалов:**

Следует запланировать затраты примерно по 480 рублей на группу (<6000 рублей на класс). Затрат в размере 6000 рублей должно хватить для нескольких групп из нескольких классов (примерно 30–40 групп). Мерные цилиндры, стаканы, деревянные палочки и пипетки можно использовать повторно. Расходных материалов, в том числе кукурузного сиропа, шоколадного сиропа, растительного масла, медицинского спирта, молока и фруктового напитка, должно хватить на несколько классов.

## ПОШАГОВЫЕ ИНСТРУКЦИИ

- Ученики должны подписать каждый стакан названием жидкости, для которой он предназначен.
- Каждая группа заполняет стаканы на  $\frac{3}{4}$  каждой из семи жидкостей.
- Добавьте три капли пищевого красителя в молоко, воду и спирт и перемешайте с помощью палочки. Используйте разные цвета для каждой жидкости.
- Добавлять жидкости нужно в следующем порядке:
  1. Кукурузный сироп (налить)
  2. Шоколадный сироп (налить)
  3. Цельное молоко (добавить с помощью пипетки)
  4. Масло (налить)
  5. Фруктовый напиток (добавить с помощью пипетки)
  6. Вода (добавить с помощью пипетки)
  7. Спирт (добавить с помощью пипетки)
- Ученики должны записывать, что происходит при добавлении каждой жидкости.
- Затем добавляются стикеры с измерением плотности каждой жидкости.
- Ученики зарисовывают то, что они наблюдают, и отмечают, где в башне плотности будут располагаться различные компоненты крови. Чтобы это показать, ученики должны нарисовать башню плотности с семью описанными слоями. Затем им нужно нарисовать стрелки, указывающие, где различные слои крови находятся в башне плотности. Например, плазма и цельное молоко будут находиться примерно в одном и том же месте, в то время как эритроциты будут располагаться в слое фруктового напитка или рядом с ним.

<b>Вещество</b>	<b>Плотность</b>
<b>Кукурузный сироп</b>	1,4 г/мл
<b>Шоколадный сироп</b>	1,18 г/мл
<b>Цельное молоко</b>	1,03 г/мл
<b>Растительное масло</b>	0,93 г/мл
<b>Фруктовый напиток</b>	1,13 г/мл
<b>Вода</b>	1,0 г/мл
<b>Медицинский спирт</b>	0,79 г/мл
<b>Цельная кровь</b>	~1,06 г/мл
<b>Плазма</b>	~1,03 г/мл
<b>Лейкоциты</b>	~1,07 г/мл
<b>Эритроциты</b>	~1,13 г/мл

## ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ

Вот несколько способов углубить знания, полученные на занятии:

1. Помимо плотности, какие еще видимые различия есть между разными жидкостями, и как еще ученики могут определить эти различия?
2. Попросите учеников привести примеры объектов с одинаковой массой и различной плотностью, одинаковой плотностью и различной массой.
3. Как способность вещества смешиваться влияет на башню плотности (растворимость)?

## ИЗМЕНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Для учеников младшего возраста

- Организуйте станцию, где ученики могут экспериментировать с разными жидкостями и определять, смешиваются ли они или ложатся слоями. Для этого требуются разные вещества и небольшие бутылки из прозрачного пластика с крышками.
- Говоря о плотности, ученики младшего возраста будут оперировать понятиями «больше» и «меньше», а ученики старшего возраста могут делать математические расчеты.
- Создайте простую трехслойную башню.
- Кроме того, используйте известные ученикам предметы и вещества с очень разнящейся плотностью, такие как батарейки, шоколад, зефир, воздушный рис, рис, бобы и т. д.
- Сравните их плотности с помощью знаков «>» и «<».

Для учеников старшего возраста

- Как создать собственную центрифугу, чтобы разделить компоненты?
- Объясните технику, с помощью которой ученики могут определять плотность по массе и объему. Для этого может потребоваться шкала.

## ЗАБЛУЖДЕНИЯ

Чем тяжелее, тем плотнее.

- [Разъяснение] Мы измеряем предметы по весу и массе. Один килограмм стали весит столько же, сколько один килограмм перьев и один килограмм сливочного масла. Однако их плотность различна. Несмотря на то что все они имеют одинаковый вес, килограмм перьев (наименее плотный) занимает больше места, чем килограмм стали (наиболее плотный). Килограмм сливочного масла находится посередине.

Плотность вещества постоянна.

- [Разъяснение] Плотность вещества меняется с изменением температуры. При нагреве воды ее плотность снижается. Испаряющаяся вода (пар) является наименее плотной формой воды. Холодная вода более плотная. Вода наиболее плотная при температуре 4°C и наименее плотная, когда принимает форму льда (поэтому лед плавает на воде).

Можно изменить плотность вещества, изменив его количество.

- [Разъяснение] Изменение количества вещества приведет только к изменению массы или веса объекта, но его плотность останется прежней. Например, для изменения плотности воды требуется либо нагреть ее (что делает ее менее плотной), либо охладить (что делает ее более плотной).

У кораблей меньшая плотность по сравнению с водой, поскольку они остаются на плаву (путаница в понятиях «плавучесть» и «плотность»).

- [Разъяснение] Плотность корабля выше, чем у воды, а остается на плаву он за счет объема вытесняемой им воды. Чем больше воды он вытесняет (плавучесть), тем проще ему плыть по ее поверхности. Если изменить форму корабля на гигантский куб, но не менять его вес, он затонет.

# ДОКТОР ДРЮ, ПЛОТНОСТЬ И ДИФфуЗИЯ: Диффузия в жидкости

## Задание 2

**Темы:** наука, математика

**Целевая аудитория:** ученики от 8 до 14 лет

### ОПИСАНИЕ ЗАДАНИЯ

Задание, посвященное диффузии, позволяет ученикам понять идею диффузии в жидкостях, манипулируя несколькими переменными, влияющими на скорость диффузии, в том числе энергией, температурой и формой емкости (площадью поверхности). Диффузия — это случайное перемещение молекул из области высокой концентрации в область низкой концентрации. Важно, чтобы группы использовали одинаковый цвет во всех экспериментах по диффузии, поскольку молекулы красителя могут иметь различную молекулярную массу, что приведет к неодинаковым результатам. Этот тест очень интересный. Разыграйте это задание по сценарию.

Пример: рассказывая о задании по диффузии и форме емкости, превратите его в задачу, которую ученикам необходимо решить. Можно использовать реальный сценарий, с которым сталкивались доктор Дрю и другие исследователи крови. Пусть ученики выберут емкость, краситель в которой не будет растворяться как можно дольше. Как и доктору Дрю, нам нужна емкость, замедляющая процесс диффузии. Доктор Дрю пытался замедлить попадание калия из эритроцитов в плазму. А вы пытаетесь замедлить растворение пищевого красителя в воде.

На выбор предлагаются две емкости. После того как ученики определяют, какую лучше использовать, им необходимо определить, можно ли замедлить процесс диффузии, используя разную температуру воды.



### **ПРИМЕРНАЯ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ:**

для выполнения этого задания обычно требуется 30 минут.

### ОТКРЫТИЯ УЧЕНИКОВ

**Во время занятия ученики смогут:**

- изучить и описать диффузию пищевого красителя в воде;
- описать, как температура воды влияет на скорость диффузии;

- изучить и описать, как форма емкости и площадь поверхности влияют на скорость диффузии в жидкости;
- принять участие в командном обучении;
- узнать, как предметы STEM<sup>2</sup>D — наука, технология, разработка, математика, производство и проектирование — могут быть использованы для безопасного разделения клеток крови и ее хранения на станциях переливания;
- развить важные навыки STEM<sup>2</sup>D, такие как измерение, принятие решений и решение проблем;

## ПОДГОТОВКА

### Материалы (на одну группу)

- Водопроводная вода
- Лед (или охлажденная вода)
- Микроволновая печь/нагревательная плита
- 30 мл растительного масла
- 1 контейнер с пищевыми красителями
- 3 прозрачных пластиковых стакана объемом 500 мл
- 2 пластиковых стакана
- 2 деревянные палочки
- 1 мерный цилиндр объемом 250 мл
- Таймер/часы/мобильный телефон (по желанию)
- 1 термометр (по желанию)
- 1 одноразовый стакан для горячих напитков

### **Примерная стоимость материалов:**

Следует запланировать затраты примерно по 300 рублей на группу (<6000 рублей на класс). Затрат в размере 6000 рублей должно хватить для нескольких групп из нескольких классов (примерно 30–40 групп). Многие расходные материалы предназначены для многократного использования, например мерные цилиндры, стаканы, деревянные палочки и пипетки.

# ПОШАГОВЫЕ ИНСТРУКЦИИ

## Диффузия в воде (демонстрация учителем)

- Попросите учеников спрогнозировать, что произойдет, если в воду добавить несколько капель пищевого красителя.
- Добавьте в воду несколько капель красителя.
- Ученикам не нужно ждать, пока краситель в стакане полностью растворится, но они должны понимать, что процесс диффузии и молекулярного перемещения продолжается постоянно, даже если мы его не замечаем. Добавление красителя позволяет нам наблюдать за этим процессом.

## Взгляд доктора Дрю: связь между диффузией и температурой

- У каждой команды должно быть два пластиковых стакана.
- Один из них нужно наполнить холодной водой, а другой — водой, которая была нагрета в микроволновой печи в течение 1 минуты. Для подогрева воды в микроволновой печи используйте одноразовый стакан для горячих напитков. Будьте осторожны при обращении с горячей водой.
- Ученики должны сделать прогноз: в каком стакане краситель растворится быстрее?
- Убедитесь, что количество воды в стаканах одинаковое.
- Капните четыре капли пищевого красителя в центр каждого стакана. Используйте один и тот же цвет для каждого стакана.
- Наблюдайте в течение 5–10 минут. Что вы заметили? Происходит ли диффузия быстрее в одном стакане, чем в другом? Если да, то в чем, по вашему мнению, причина? Как можно проверить эту гипотезу?
- Примечание. Сейчас самое время использовать термометр и таймер, чтобы ученики старшего возраста могли измерить, насколько температура влияет на скорость диффузии. Ученики младшего возраста могут ограничиться знаками «>», «<» и «=».

## Взгляд доктора Дрю: связь между диффузией и формой емкости

- У каждой группы должен быть мерный цилиндр и стакан из прозрачного пластика объемом 500 мл.
- Каждая емкость должна быть заполнена 200 мл воды комнатной температуры. Температура воды должна быть одинаковой в каждой емкости.
- Ученики должны сделать прогноз: в какой емкости краситель полностью растворится быстрее?
- Затем налейте 30 мл растительного масла в два пластиковых стакана.
- Добавьте в каждый стакан шесть капель пищевого красителя с растительным маслом и интенсивно перемешайте до полного растворения красителя. Обратите внимание, что пищевой краситель не растворится полностью в масле, так как у него водная основа.



- Аккуратно налейте масло в каждую заполненную водой емкость.
- Ученики должны наблюдать, что происходит в каждой емкости, и заметить, где вещества смешались быстрее.
- Наблюдайте за слоем масла, слоем воды и местом, где они соприкасаются, в течение 5–10 минут. Что вы заметили в каждой емкости?
- Что происходит с растительным маслом при растворении красителя в воде?
- Что происходит с водой при перемещении красителя из масла?
- Попросите учеников описать сходства и различия между этим заданием и опытом доктора Дрю. Пусть они подумают о различиях во времени, температуре и т. д.

## **ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ**

Вот несколько способов углубить знания, полученные на занятии:

1. Каковы плюсы и минусы различных контейнеров для хранения крови?
2. Какие существуют другие типы градиентов (давление, температура и т. д.)? В чем они похожи и чем различаются?
3. Кто такой Фредерик Маккинли Джонс? Как это имя связано с забором крови и ее хранением?
4. Почему охлаждение замедляет процесс разложения крови?

## **ИЗМЕНЕНИЯ ЗАДАНИЯ**

Для учеников младшего возраста

- Ученики могут научиться измерять площадь поверхности фигур различной формы
- Зачем создавать новую технологию?
- Какие трудности могут возникнуть в процессе создания новой технологии?
- Можешь вспомнить что-то, что значительно изменилось за время твоей жизни? (Стационарные телефоны сменились на мобильные; необходимость голосовать, чтобы поймать такси, ушла с появлением приложений и т. д.)
- Какую проблему тебе бы хотелось решить? Как бы можно было это сделать? Что тебе нужно для этого знать? С кем нужно работать? Нужно ли знать историю и другие дисциплины?

Для учеников старшего возраста

- Все это может быть использовано как возможность углубить знания. (Все стандарты разработки, технологии и прикладных наук из научных

стандартов нового поколения (ETS.)

- o Зачем кто-то создал это?
  - o Какие трудности могут возникнуть в процессе?
  - o Можешь вспомнить что-то, что значительно изменилось за время твоей жизни?
  - o Какую проблему тебе бы хотелось решить? Как бы можно было это сделать? Что тебе нужно для этого знать? С кем нужно работать? Нужно ли знать историю и другие дисциплины? Какие технологические или научные прорывы нужны для решения этой проблемы?
- Попросите учеников найти что-то в своей жизни, что требует улучшения. Пусть они составят план воплощения этих улучшений в реальную жизнь.
  - Ученики могут научиться измерять площадь поверхности двумерных и трехмерных объектов и осознать связь с заданием по наблюдению за диффузией в разных емкостях.
  - Как диффузия связана с загрязнением воздуха и воды, и как это влияет на людей во всем мире?

## ЗАБЛУЖДЕНИЯ

Диффузия происходит быстро (например, акула чувствует частицы крови в воде)

- [Разъяснение] Диффузия — это невероятно медленный процесс, основанный на перемещении отдельных молекул. Например, при добавлении нескольких капель пищевого красителя в 4 литра воды для равномерного распределения красителя в воде может потребоваться несколько часов. Скорость диффузии может быть увеличена с помощью «облегченной» диффузии. В процессе облегченной диффузии молекулы равномерно распределяются быстрее из-за движения воздушных или водяных потоков (например, если размешивать краситель ложкой). Облегченный метод диффузии требует дополнительной энергии. Акулы могут быстро обнаружить кровь в воде на большом расстоянии именно из-за тока воды.

# ДОКТОР ДРЮ, ПЛОТНОСТЬ И ДИФфуЗИЯ: Диффузия в эритроцитах

## Задание 3

**Темы:** наука, математика

**Целевая аудитория:** ученики от 8 до 14 лет

### ОПИСАНИЕ ЗАДАНИЯ

Выполнив это задание ученики узнают, как диффузия может происходить через мембрану (как в наших телах). Ученики будут использовать полученные ранее знания о диффузии для построения физической модели эритроцитов и моделирования того, как происходит диффузия газов в наших телах. Демонстрация модели эритроцитов дает возможность заинтересовать учеников концепциями площади поверхности, объема, размера и масштаба.



### **ПРИМЕРНАЯ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ:**

для выполнения этого задания обычно требуется 30 минут.

### ОТКРЫТИЯ УЧЕНИКОВ

**Во время занятия ученики смогут:**

- создать и использовать модель для демонстрации того, как кислород и углекислый газ попадают в эритроциты и выходят из них путем диффузии;
- принять участие в командном обучении;
- узнать, как предметы STEM<sup>2</sup>D — наука, технология, разработка, математика, производство и проектирование — могут быть использованы для безопасного разделения клеток крови и ее хранения на станциях переливания;
- развить важные навыки STEM<sup>2</sup>D, такие как измерение, принятие решений и решение проблем;

### ПОДГОТОВКА

**Материалы (на одну группу)**

- 2 фрагмента диализной трубки по 10 см
- Пищевой краситель одного цвета

- 4 пластиковых стакана
- Вода
- 6 канцелярских резинок
- 1 одноразовый стакан для горячих напитков
- 1 перманентный маркер
- Таймер/часы/мобильный телефон (по желанию)
- 1 термометр (по желанию)
- 1 деревянная палочка
- 1 пластиковая пипетка

### **Примерная стоимость материалов:**

Следует запланировать потратить примерно по 300 рублей на группу (~3000 рублей на класс). Затрат в размере 3000 рублей должно хватить для нескольких групп из нескольких классов (примерно 20–30 групп). Многие расходные материалы предназначены для многократного использования, например диализные трубки, стаканы, канцелярские резинки, стаканы для горячих напитков, деревянные палочки и пипетки. Пищевого красителя также должно хватить на несколько раз.

## **ПОШАГОВЫЕ ИНСТРУКЦИИ:**

Все эксперименты, приведенные ниже, могут быть выполнены при различных температурах воды. Чтобы увидеть результат быстрее, используйте более теплую воду (или холодную, чтобы замедлить процесс).

### **Вход кислорода**

- Отрежьте сегмент диализной трубки длиной 10 см.
- Закройте один конец канцелярской резинкой, чтобы жидкость не могла просочиться через него.
- Заполните диализную трубку водой на ~60–75%.
- Закройте другой конец диализной трубки канцелярской резинкой, чтобы жидкость не могла ни просочиться в трубку, ни вытечь из нее.
- В одноразовом стакане для горячих напитков подогрейте воду в течение минуты с помощью микроволновой печи.

- Добавьте три капли пищевого красителя в нагретую воду и перемешайте.
- Подогретой окрашенной водой заполните пластиковый стакан на  $\frac{3}{4}$ .
- Поместите диализную трубку в пластиковый стакан с окрашенной водой.
- Проверяйте трубку каждые 5 минут в течение 15 минут, отмечая, что в ней происходит.
- Через 15 минут сравните цвета окрашенной и неокрашенной воды. Запишите, что получилось.
- Чтобы увидеть окончательный цвет воды в трубке и сравнить ее с неокрашенной водой, снимите резинки и вылейте воду в чистый пластиковый стакан.

**Обсуждение:** дайте ученикам время обсудить и понять, что диализная трубка моделирует полупроницаемую мембрану эритроцитов, и что в нее так же могут проникать только определенные вещества. Ученики должны понимать, что, как и **кислород** в их организме, краситель движется вниз по градиенту концентрации от стакана в трубку. Краситель более концентрированный в воде за пределами трубки и перемещается в место с более низкой концентрацией за счет случайного движения молекул красителя и воды.

### **Выход углекислого газа**

- Отрежьте сегмент трубки длиной 10 см.
- Закройте один конец канцелярской резинкой, чтобы жидкость не могла просочиться через него.
- Заполните диализную трубку водой на ~60–75%.
- Добавьте три капли пищевого красителя в трубку.
- Закройте другой конец диализной трубки канцелярской резинкой, чтобы жидкость не могла ни просочиться в трубку, ни вытечь из нее.
- Бумажным полотенцем уберите как можно больше красителя с конца и с внешней стороны трубки.
- В одноразовом стакане для горячих напитков подогрейте воду в течение минуты с помощью микроволновой печи.
- Подогретой водой заполните пластиковый стакан на  $\frac{3}{4}$ .
- Поместите диализную трубку с окрашенной водой в пластиковый стакан.
- Проверяйте стакан каждые 5 минут в течение 15 минут, отмечая, что в нем происходит.
- Через 15 минут извлеките трубку из воды и сравните цвет воды в стакане с цветом неокрашенной воды. Запишите, что получилось.

**Обсуждение:** дайте ученикам время обсудить и понять, что диализная трубка моделирует полупроницаемую мембрану эритроцитов, и что в нее так же могут проникать только определенные вещества. Ученики должны понимать, что, как и **углекислый газ** в их легких, краситель движется вниз по градиенту концентрации из трубки в воду в стакане. Краситель более концентрированный в трубке и перемещается в место с более низкой концентрацией за счет случайного движения молекул красителя и воды.

### **Размышления учеников (10 минут)**

Попросите их поразмышлять о занятии и ответить на следующие вопросы:

- Что ты теперь знаешь о докторе Дрю?
- Тебе было интересно? Почему?
- Кому ты расскажешь о сегодняшнем занятии? Почему?
- Чему тебе удалось научиться (перечисли выполненные тобой задания)?
- Хочешь ли ты выбрать карьеру в области инженерного проектирования? Расскажи почему.

Через несколько минут попросите учеников поделиться своими мыслями. Поблагодарите учеников за участие в занятии.

На этом этапе вы можете вручить каждому ученику заранее подготовленный именной сертификат с подписью волонтера Johnson & Johnson. Кроме того, вручите каждому ученику постер WiSTEM<sup>2</sup>D.

## **ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ**

Вот несколько способов углубить знания, полученные на занятии:

1. В этом эксперименте процесс диффузии происходит в течение нескольких минут. Почему этот процесс в наших телах происходит быстрее?
2. Что случится, если процесс диффузии в наших клетках будет занимать столько же времени, сколько в эксперименте?
3. Зачем мы дышим? Почему одна только диффузия не может обеспечить циркуляцию кислорода и углекислого газа?

## РАЗМЫШЛЕНИЯ ВЕДУЩЕГО

- После занятия уделите несколько минут, чтобы ответить на следующие вопросы:
- Что прошло хорошо и что можно улучшить?
- Что бы вы сделали иначе в следующий раз?
- Насколько комфортно вы чувствовали себя, когда вам нужно было управлять обучением?
- Теперь вы лучше понимаете концепции STEM<sup>2</sup>D?
- Насколько полезной оказалась информация, представленная в документе Spark WiSTEM<sup>2</sup>D?
- Хотите ли вы еще раз выступить в качестве волонтера?

## ИЗМЕНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

### Для учеников младшего возраста

- Добавьте в эти задания понятия масштаба и времени.
- Проведите тест с диализной трубкой при различных температурах воды и с помощью знаков «>», «<» и «=» сравните скорость движения молекул красителя.
- Попросите учеников спрогнозировать и измерить время, необходимое для равномерного окрашивания воды в стаканах по сравнению с водой в трубках.

### Для учеников старшего возраста

- Во время выполнения задания расскажите о заболеваниях легких и том, как они влияют на газообмен.
- Добавьте в эти задания понятия масштаба и времени.
- Попробуйте использовать диализную трубку при различных температурах воды и попросите учеников построить график скорости, с которой происходит диффузия при повышении температуры воды.
- Пусть ученики исследуют заболевания, связанные с эритроцитами, их влияние на жизнь человека (в том числе положительные стороны, если они есть), а также предрасположенность к ним (например, серповидноклеточной анемии, дефициту железа, талассемии и т. д.).

## ЗАБЛУЖДЕНИЯ

### Эритроциты не живые

- [Разъяснение] Эритроциты являются живыми клетками. В отличие от большинства других клеток в нашем организме, они не содержат многих органелл, которые имеют другие клетки, такие как митохондрия и ядро. Эритроциты обладают ограниченным метаболизмом, который в значительной степени зависит от глюкозы для выработки энергии (как и большинство клеток).

## Эритроциты всех животных подобны эритроцитам человека

- [Разъяснение] Хотя эритроциты человека не имеют ядер, эритроциты животных, таких как птицы и амфибии, имеют ядро.

## СВЯЗЬ С КАРЬЕРОЙ STEM<sup>2</sup>D

Продемонстрируйте ученикам следующие профессии, а также необходимое для них образование, обучение и должностные обязанности:

- Врачи
- Медсестры
- Спортивные тренеры
- Флеботомисты (специалисты по забору крови)
- Молекулярные биологи
- Биологи, специализирующиеся на изучении белков
- Специалисты по спортивным результатам (показатель VO<sub>2</sub> max)
- Специалисты по материалам
- Изобретатели
- Ученые, специализирующиеся на науках о Земле
- Гидрологи
- Археологи

## Ссылки

### Информация о докторе Чарльзе Дрю

- Хардвик, Р., Charles Richard Drew: Pioneer in Blood Research (Чарльз Ричард Дрю: пионер исследований крови). Нью-Йорк, США, изд-во Charles Scribner's Sons, 1967 г.
- Лав, С., One Blood: The Death and Resurrection of Charles R. Drew (Одна кровь: смерть и воскресение Чарльза Р. Дрю), изд-во Университета Северной Каролины в Чапел-Хилле, 1996 г.
- <https://profiles.nlm.nih.gov/BG/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=hANr29x4yTA>

### История переливания крови и донорства

- <https://stanfordbloodcenter.org/a-brief-history-of-blood-transfusion-through-the-years/>
- <https://www.redcrossblood.org/donate-blood/blood-donation-process/what-happens-to-donated-blood/blood-transfusions/history-blood-transfusion.html>



- <http://www.aabb.org/tm/Pages/highlights.aspx>
- <http://givingblood.org/about-blood/history-of-blood-banking.aspx>
- <https://www.blood.co.uk/the-donation-process/after-your-donation/the-journey-of-a-blood-donation/>

### **Информация о сердце**

- <https://cvm.ncsu.edu/10-amazing-animal-heart-facts/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=TmcXm-8H-ks>
- <https://www.youtube.com/watch?v=xWkeidr2T8o>
- <https://www.healthline.com/health/blood-cell-disorders>

### **Информация о контейнере для хранения крови, который использовал доктор Дрю**

- <https://patents.google.com/patent/US2301710A/en>

## КОНТРОЛЬНЫЙ СПИСОК ВЕДУЩЕГО:

### СДЕЛАЛИ ЛИ ВЫ ЭТО? . .

- Прочитать Spark WiSTEM2D. Это ключевой ресурс для всех волонтеров, заинтересованных в работе с молодежью. Он определяет принципы и философию STEM2D и содержит основанные на исследованиях стратегии и советы по обеспечению вовлеченности и взаимодействию с девочками в учебном процессе. Этот документ можно скачать с веб-сайта [www.STEM2D.org](http://www.STEM2D.org).
- Посетить учреждение, в котором будет проводиться занятие, и понаблюдать за учениками (необязательно). При посещении обратите внимание на следующее:
  - Каким образом в этом учреждении принято участвовать в ходе занятия? Например, должны ли ученики поднимать руку, если они хотят ответить на вопрос или высказаться во время обсуждения? Как преподаватели реагируют на учеников, которые мешают проводить занятие? Вы видите какие-либо проблемы, которые могут возникнуть при работе с классом?
  - Каким образом учреждение помогает каждому ученику чувствовать себя комфортно и осознавать свою значимость?
  - Как обустроено помещение для занятий? Вам потребуется передвигать столы или стулья для проведения какой-либо части презентации?
  - Каким образом вы можете привлечь представителя учреждения к проведению презентации?
- Встретиться с представителем учреждения и обсудить организационные моменты.
  - Подтвердить дату, время и место проведения занятия.
  - Подтвердить количество учеников, которые должны посетить занятие. Эта информация поможет вам решить, как разделить учеников на команды и сколько материалов приобрести.
- При необходимости привлечь дополнительных волонтеров.
- Подготовиться к занятию:
  - Прочитать все текстовые материалы занятия перед его проведением.
  - При желании адаптировать занятие в соответствии с вашим личным опытом, а также культурными и языковыми нормами вашего сообщества.
  - Заполнить форму «Рассказать историю о себе», которая поможет подготовить рассказ для учеников о вашем образовании и карьере.
  - Если для проведения занятия требуется разделить учеников на несколько команд, заранее попросить преподавателя сформировать команды.
- Потренироваться в проведении презентации, включая активное обучение. Обязательно!
  - Выполнить задание и убедиться, что вы сможете при необходимости объяснить ученикам теоретические понятия и что вы знаете все правильные ответы.
- Подготовить необходимые материалы (см. разделы «Материалы» и «Примерная стоимость материалов») и, если это указано в разделе «Подготовка», распечатать раздаточные материалы для учеников и контрольные таблицы материалов. Кроме того:
  - Структурировать материалы, чтобы убедиться, что у каждой команды есть все предметы, перечисленные в разделе «Материалы». Помните, что некоторые материалы используются командами совместно.
- Подготовить помещение для занятия. В частности:
  - Убедиться, что столы и стулья расставлены так, чтобы вы могли правильно рассадить все команды.
  - При желании принести фотоаппарат, чтобы делать фотографии на занятии.
- Получить необходимые разрешения от родителей или формы о согласии на фотосъемку для проведения занятия.
- Хорошо провести время!

## Форма «Рассказать историю о себе»

Эта форма помогает волонтерам, выполняющим функции ведущего на занятии, подготовиться к разговору об их интересах, образовании и карьере STEM<sup>2</sup>D.

### СВЕДЕНИЯ О ВАС

Имя: \_\_\_\_\_

Должность: \_\_\_\_\_

Компания: \_\_\_\_\_

Когда и почему вы заинтересовались STEM<sup>2</sup>D? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Как вы считаете, что именно ученики, особенно девочки, получают во время этого занятия? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### ЛЮБОПЫТНЫЙ ФАКТ

Расскажите немного о своем личном опыте. Вот несколько идей:

- Поделитесь детским воспоминанием о том, когда вы впервые проявили интерес к STEM.
- Опишите свой путь и расскажите о том, что вы пробовали, чему научились, как добились успеха и т.д.
- Неудачи и ошибки — это тоже хорошая тема для обсуждения: расскажите о трудностях и проблемах, с которыми вы столкнулись, и о том, как вы их преодолели.

### ОБРАЗОВАНИЕ И КАРЬЕРА

Какие занятия/курсы из тех, что вы посещали в средней школе и в университете, больше всего заинтересовали вас или помогли вам? \_\_\_\_\_

Как вы поняли, что хотите получить профессию STEM<sup>2</sup>D? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Куда вы поступили после школы и какой диплом вы получили? *Если вы меняли специальность во время обучения, объясните ученикам, почему вы это сделали.*

\_\_\_\_\_

Какие обязанности вы выполняете на текущей должности? *Обязательно расскажите, как вы используете навыки STEM<sup>2</sup>D в течение своего обычного рабочего дня.*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Доктор Чарльз Дрю: дарить жизнь через исследования крови

### 1. Задание 1. Башня плотности

- Что такое *плотность*?
- Какова твоя гипотеза?
- Каковы твои наблюдения?

---

### 2. Задание 2. Диффузия в жидкости

- Что такое *диффузия*?
- Какая вода быстрее окрасится пищевым красителем: холодная или горячая? Почему?
- В емкости какой формы краситель быстрее полностью растворится? Почему?

---

### 3. Задание 3. Диффузия в эритроцитах

- Какова твоя гипотеза?
- Почему этот процесс в наших телах происходит быстрее?



Smithsonian  
Science Education Center

Johnson & Johnson



NATIONAL MUSEUM  
of AFRICAN AMERICAN  
HISTORY & CULTURE

Smithsonian