



Урок 49. Капилляры и подъём воды

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 49 из 64 · 45 минут · Модуль «Объединяем науки: физическая модель и растение»

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

Вся программа курса

В узкой трубке вода поднимается сама. Достаточно ли этого объяснения, чтобы понять, как вода достигает листьев дерева?

Проверяемый результат:

Проверить обратную зависимость капиллярной высоты от радиуса и объяснить, почему движение воды в растении не сводится к капиллярности.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

В учебной записи вода в двух чистых смачиваемых капиллярах поднимается выше внешнего уровня: при радиусе 0,50 мм на 29 мм, при 1,00 мм на 14 мм. Ученик утверждает: «Чем шире сосуд дерева, тем выше поднимется вода».

1 минута - сопоставьте утверждение с числами; 2 - предложите правило; 2 - назовите отличие стеклянной трубки от живого растения. Не переносите вывод без проверки.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Капиллярный подъём связан с поверхностным натяжением и смачиванием стенок. В равновесии вертикальная составляющая силы на линии контакта поддерживает вес поднятой жидкости. Для круглой трубки $h = 2\sigma \cos\theta / (\rho g r)$. При одинаковых жидкости, температуре и стенках h обратно пропорциональна радиусу r . Для несмачивающей жидкости направление изменения уровня может быть иным.

Разобраный пример: $\sigma = 0,072$ Н/м, $\rho = 1000$ кг/м³, $g = 10$ м/с², $\cos\theta = 1$, $r = 0,50$ мм = 0,00050 м. $h = 0,144/5 = 0,0288$ м = 28,8 мм. Удвоение радиуса даёт 14,4 мм. Это равновесная модель чистой трубки, не универсальное значение для всякого материала.

В растении вода входит в корень, перемещается по ксилеме и испаряется через лист. Испарение создаёт натяжение водного столба; когезия молекул воды и взаимодействие со стенками помогают сохранять его непрерывность. Корневое давление также может вносить вклад. Одной статической капиллярной высотой нельзя объяснить весь поток и высоту дерева.

На 9 минут: 3 - силы на мениске, 3 - перевод единиц и пример, 2 - схема растения, 1 - предел аналогии. Окрашенная вода в срезанном стебле показывает путь транспорта, но сама по себе не устанавливает все движущие механизмы.



Слева - равновесный подъём воды в смачиваемых трубках с разными радиусами. Справа - путь воды: корень, ксилема, лист, испарение. Схемы показывают разные уровни объяснения, масштабы условны.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

Подготовленные учебные данные равновесного уровня для одинаковых условий; радиус измерен независимо. Разброс - часть имитации измерений.

г, мм	h, мм	Найти $g \cdot h$
0,25	58	
0,50	29	
1,00	14	

2 минуты - подпишите величины; 4 - рассчитайте произведения и ожидаемые высоты для $g=0,75$ мм; 3 - сравните модель с данными; 2 - укажите контрольные условия. 8 класс использует среднее $g \cdot h$; 9 класс формулу с данными примера. Продукт: таблица и прогноз с единицей. Критерии: радиус не перепутан с диаметром, разброс не скрыт.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

Вторая учебная серия длится 60 минут и уже подготовлена. У одинаковых веточек срезы стоят в воде. Масса закрытой ёмкости с веточкой уменьшилась на 2,4 г при открытых листьях и на 0,6 г, когда листья помещены в прозрачный пакет. Пустая такая же закрытая ёмкость потеряла 0,1 г. Свет и температура одинаковы.

1 минута - определите сравнение; 3 - найдите потери после вычитания контроля; 2 - объясните роль пакета; 2 - отделите наблюдение от вывода. 8 класс строит столбчатую схему; 9 класс указывает, почему пакет меняет несколько условий. Продукт: вывод из трёх предложений. На уроке ничего не нужно ждать 60 минут.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

2 минуты: сравните тезисы «ксилема - просто трубка» и «трубка полезна как частичная модель». 3 минуты: используйте капиллярную серию и опыт с листьями как два разных аргумента. 2 минуты: сформулируйте, что модель объясняет, а что оставляет за пределами.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

При неизменных условиях в трубке радиусом 0,30 мм высота 48 мм. Предскажите высоту при $g=0,60$ мм и объясните, почему это не прогноз высоты растения. Назовите один механизм транспорта воды в растении. 3 минуты - ответ, 2 - сверка.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Калькулятор, бумага, схема и готовые данные. Нужны радиус, пропорциональность, основные органы растения. Живые растения не разрезают. Длительное наблюдение заменено подготовленной учебной серией. Необязательная демонстрация: вода и бумажное полотенце без стеклянных капилляров. 8 класс сравнивает произведение $r \cdot h$; 9 класс рассчитывает высоту по формуле и анализирует её ограничения.

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

Произведения 14,5; 14,5; 14,0 мм², примерно постоянны. Среднее 14,33 мм² даёт $h \approx 19,1$ мм при $r = 0,75$ мм. Теоретическая константа 14,4 мм² даёт 19,2 мм. Согласие приближённое. Контролировать нужно жидкость, температуру, смачивание и достижение равновесия.

Ответ и объяснение практики 2

Скорректированные потери 2,3 и 0,5 г. Серия согласуется с влиянием условий у листьев на потери воды; пакет повышает влажность, но может менять и температуру. Масса не доказывает, что капиллярность отсутствует или что измерена скорость движения именно по одному сосуду. Нужны повторы и контроль микроклимата.

Опора для обсуждения

Модель объясняет роль радиуса и смачивания при равновесном уровне. Опыт с листьями указывает на роль потерь воды и внешних условий. В растении есть протяжённая система тканей, транспирация и водные потенциалы. Аналогия помогает задать вопрос, но не заменяет физиологическое объяснение.

Ключ и критерии индивидуальной работы

24 мм: радиус удвоен, высота уменьшилась вдвое. По 1 баллу за число, обратную зависимость, ограничение статической трубки, упоминание транспирационного натяжения с непрерывностью водного столба либо обоснованный вклад корневого давления.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Капиллярные явления в природе	Сопоставляет радиус и высоту	Проверяет обратную зависимость
Поглощение и передвижение воды в стебле	Сравнивает условия у листьев	Объясняет предел физической аналогии

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

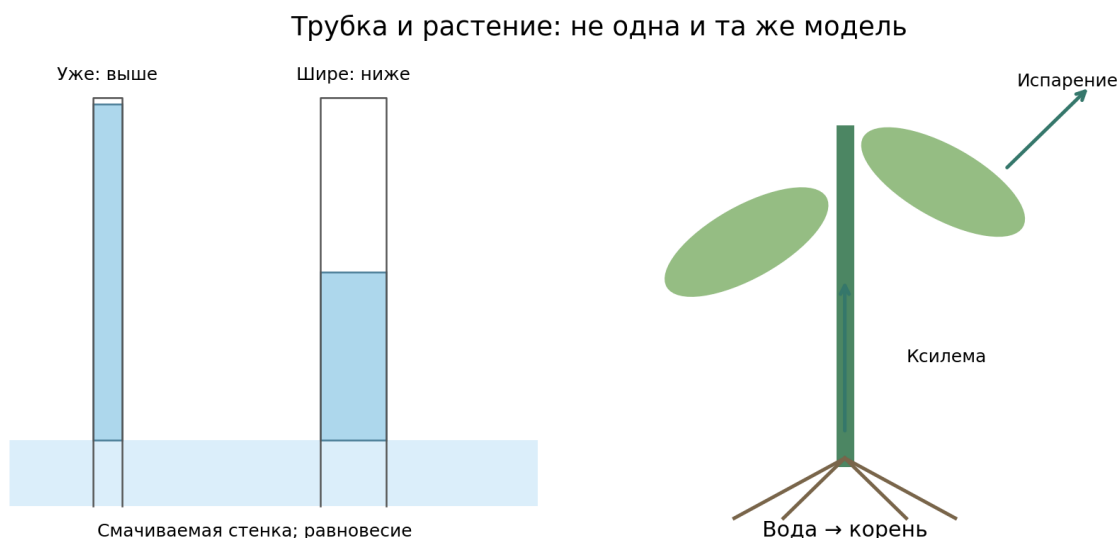
Источники и права на изображения

OpenStax: капиллярный подъём

OpenStax: транспорт воды в растениях

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



Слева — равновесный подъём воды в смачиваемых трубках с разными радиусами. Справа — путь воды: корень, ксилема, лист, испарение. Схемы показывают разные уровни объяснения, масштабы условны.