



Урок 63. Поверхностное натяжение воды

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 63 из 64 · 45 минут · Модуль «Объединяем науки»

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

Вся программа курса

Повторные измерения почти совпали. Достаточно ли этого, чтобы назвать найденное поверхностное натяжение точным?

Проверяемый результат:

Рассчитать поверхностное натяжение по готовой силовой серии, оценить повторяемость и составить протокол, который контролирует геометрию, смачивание и температуру.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

Учебная вертикальная пластинка смачивается жидкостью. Эффективная длина линии контакта $P=0,040$ м. После поправок прибора на вес и выталкивание сила взаимодействия с поверхностью в трёх повторах: 2,6; 2,8; 3,0 мН. За 2 минуты найдите, что повторяется; за 2 назовите возможную общую ошибку всех трёх измерений; за 1 отделите точность от повторяемости.

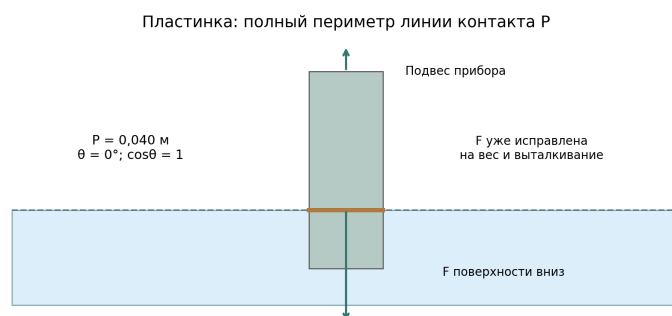
02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Поверхностное натяжение σ характеризует силу на единицу длины линии контакта в соответствующей геометрии; единица Н/м. Для идеально смачиваемой вертикальной пластинки вертикальная составляющая $F=\sigma P \cos\theta$, где θ - контактный угол. В модели $\theta=0^\circ$, $\cos\theta=1$, поэтому $\sigma=F/P$. P включает всю линию смачивания по периметру поперечного сечения пластинки; нельзя автоматически добавлять множитель 2 от другой установки с плёнкой.

Пример: средняя сила $(2,6+2,8+3,0)/3=2,8$ мН $=0,0028$ Н. $\sigma=0,0028/0,040=0,070$ Н/м $=70$ мН/м. Половина размаха сил 0,2 мН даёт разброс σ около 5 мН/м при неизменном P . Это показатель разброса серии, а не полная неопределённость: контактный угол и поправки могли быть заданы неверно.

3 минуты - физический смысл и геометрия; 3 - расчёт; 3 - различие случайного разброса и общей ошибки.



Функциональная схема метода пластинки: задан полный периметр линии контакта P . При полном смачивании вертикальная сила $F=\sigma P$. Показания для расчёта уже исправлены на вес и выталкивание; рисунок не задаёт эти поправки.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

Серия при 20 °C	F1, мН	F2, мН	F3, мН
Вода, учебная модель	2,6	2,8	3,0
Вода с добавкой, модель	1,2	1,4	1,6

Везде $P=0,040$ м, полное смачивание, одинаковая процедура и время выдержки; «добавка» - только условие учебной серии, рецепта нет. 2 минуты - переведите единицы; 4 - найдите средние σ ; 3 - оцените половину размаха σ и сравните серии; 2 - сформулируйте вывод. Продукт: две оценки со способом получения разброса. 9 класс объясняет, почему вывод требует одинакового состояния поверхности.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

В новой записи P по-прежнему $0,040$ м и средняя исправленная сила $2,8$ мН, но контактный угол $\theta=60^\circ$, $\cos\theta=0,5$. За 3 минуты рассчитайте σ с учётом угла; за 2 сравните с ответом при $\theta=0^\circ$; за 3 составьте протокол из шести пунктов для проверки влияния добавки. Укажите изменяемую величину, результат, постоянные условия, контроль, повторы и правило вывода.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

2 минуты - сравните «три одинаковых числа доказывают точность» и «они показывают только малый разброс»; 3 - приведите числовой контрпример из практики 2; 2 - предложите проверку независимым методом или эталонной жидкостью учителем.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

$P=0,050$ м, $\theta=0^\circ$, исправленные силы $3,4$; $3,5$; $3,6$ мН. За 3 минуты найдите среднюю силу, σ , половину размаха σ и один источник общей ошибки; за 1 сверьте, за 1 исправьте. Каждый пункт - 1 балл.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Схема вертикальной пластинки, подготовленные силы и калькулятор. Предпосылки: сила, периметр, среднее, единицы Н/м. Анализируем готовые данные; класс не собирает чувствительный измеритель и не работает со стеклянными капиллярами. Вода и растворы не пробуются, неизвестные жидкости не исследуются. Нельзя считать число капель на монете точным измерением σ . 8 класс получает $F=\sigma P$; 9 класс разбирает контактный угол и систематическую ошибку.

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 открывайте 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 обратная связь, не обязательная школьная отметка.

Разбор практики 1 и критерии

Вода: 70 мН/м, отдельные оценки 65; 70; 75. Добавка: среднее 35 мН/м, отдельные 30; 35; 40. Половина размаха обеих серий 5 мН/м. Интервалы среднего $\pm$ половина размаха 65-75 и 30-40 не перекрываются; в заданной модели различие больше наблюдаемого разброса. Эти интервалы не являются автоматически доверительными интервалами или полной оценкой погрешности.

Ответ и объяснение практики 2

$\sigma=0,0028/(0,040\cdot0,5)=0,140$ Н/м. Без угловой поправки результат занижен вдвое. Протокол: изменить только наличие заданной добавки; измерять исправленную силу; сохранить P , температуру и процедуру смачивания; контроль - исходная вода; не менее трёх независимых повторов каждой серии; сравнивать среднее и разброс, отдельно проверив угол и поправки. Не считать воспроизводимость исправлением общей ошибки.

Опора для обсуждения

Если во всех повторах неверно принят $\cos\theta$, малый разброс сохраняется, а σ систематически смещено. Чистота пластинки, температура и выталкивание - отдельные источники неопределённости. Независимая проверка проводится штатным методом, не домашними неизвестными растворами. Повторяемость необходима, но недостаточна для обоснования точности.

Ключ и критерии индивидуальной работы

Средняя $F=3,5$ мН. $\sigma=0,0035/0,050=0,070$ Н/м. Разброс: $(3,6-3,4)/2=0,1$ мН, или 2 мН/м для σ . Общая ошибка: неверный P , контактный угол или поправка на выталкивание. Четыре критерия по 1 баллу.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Вода и поверхностные явления	Связывает силу и линию контакта	Проверяет единицу Н/м
Занятие №11: коэффициент поверхностного натяжения	Обрабатывает повторы и проектирует контроль	Различает повторяемость и общую ошибку

Опора - раздел «Объединяем науки» опубликованной программы на 64 часа. Это самостоятельный урок на 45 минут. Подробный сценарий, распределение времени и учебные числовые серии - методическая разработка. Предоставленные данные не выдаются за опыт, проведённый авторами или этим классом.

[Исходная программа](#)

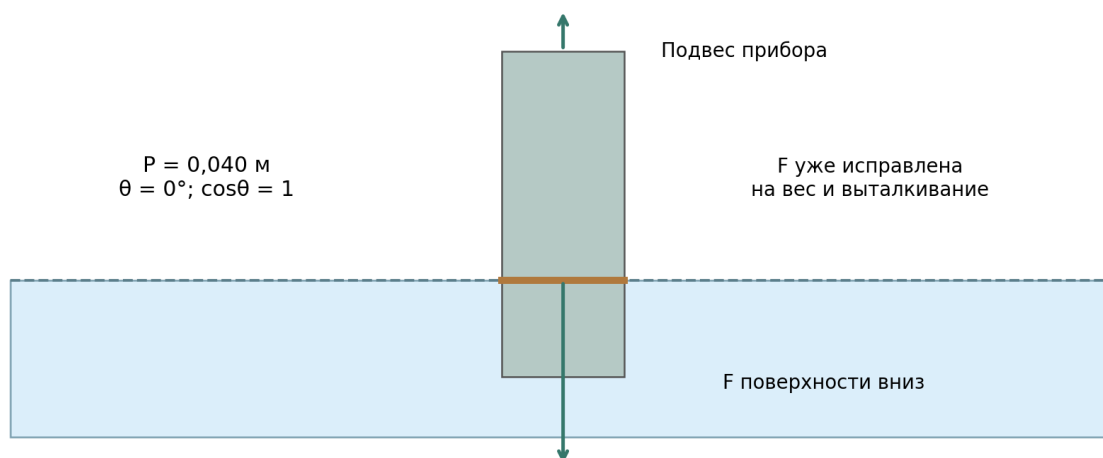
Источники и права на изображения

[OpenStax: поверхностное натяжение](#)

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

Иллюстрация: увеличенная копия для печати

Пластинка: полный периметр линии контакта Р



Функциональная схема метода пластинки: задан полный периметр линии контакта Р. При полном смачивании вертикальная сила $F = \sigma P$. Показания для расчёта уже исправлены на вес и выталкивание; рисунок не задаёт эти поправки.