



Урок 36. Коэффициент трения и энергия

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 36 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по физике: два метода измерения»

Уровень: базовый исследовательский. 8 класс - работа с опорами; 9 класс - самостоятельная оценка условий и границ вывода.

Вся программа курса

Брусок останавливается на столе. Можно ли по тормозному пути узнать то же свойство поверхности, что и при равномерном протягивании динамометром?

Проверяемый результат:

Определить коэффициент трения скольжения силовым и энергетическим методами, сравнить оценки и указать условия модели.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

В учебной серии брусок массой 0,50 кг равномерно тянут горизонтальной силой 1,50 Н. В другой серии такой же брусок получает скорость 2,0 м/с и останавливается через 0,67 м. Ученик утверждает: «Скорость есть только во втором опыте, значит, сравнивать результаты нельзя».

За 1 минуту прочитайте сообщение; за 2 минуты запишите, какую общую величину ищут оба метода; за 2 минуты предложите условие честного сравнения. Сохраните первоначальное предположение до расчёта.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, модель и проверка

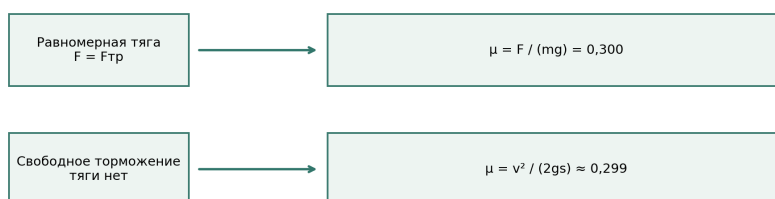
Коэффициент трения скольжения μ - безразмерный параметр модели $F_{\text{тр}} = \mu N$. Он относится к паре поверхностей и условиям контакта. Это приближение, а не неизменная характеристика одного бруска. Здесь стол горизонтален, тянут горизонтально, вертикального ускорения нет: $N = mg$. При равномерном движении сумма горизонтальных сил равна нулю, поэтому $F_{\text{тяги}} = F_{\text{тр}}$ и $\mu = F_{\text{тяги}} / (mg)$. Пиковая сила начала движения для этого расчёта не подходит.

Энергетический метод использует другой участок движения: после толчка внешняя тяга отсутствует, начальная кинетическая энергия $mv^2/2$ убывает до нуля. В модели всю её потерю связываем с работой трения μmgs . Отсюда $\mu = v^2 / (2gs)$. Масса сокращается, но это не означает, что сила трения не зависит от массы. Размерность: $(\text{м}^2/\text{с}^2) / (\text{м}/\text{с}^2 \cdot \text{м}) = 1$.

Разобранный пример: силовой способ даёт $1,50 / (0,50 \cdot 10) = 0,300$. Энергетический - $2,0^2 / (2 \cdot 10 \cdot 0,67) \approx 0,299$. Различие около 0,001 меньше точности исходного пути, поэтому оценки согласуются в принятой модели. Потеря механической энергии не означает исчезновения энергии: изменяется внутренняя энергия тел и среды.

Порядок на 9 минут: 3 минуты - силы и равномерность; 3 - баланс энергии; 2 - расчёт примера; 1 - проверка единиц и ограничений. В тетради разделите записи «измерено» и «предположено».

Два участка движения — два метода



Два независимых метода разобранный примера: $m=0,50$ кг, $F=1,50$ Н, $v_0=2,0$ м/с, $s=0,67$ м. Сравниваются оценки μ для одинаковых поверхностей и условий.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Учебные данные для одной пары сухих поверхностей. Масса 0,40 кг; $v_0=1,80$ м/с измерена в начале торможения. Во время протягивания движение равномерно.

Повтор	Тяга, Н	Тормозной путь, м
1	0,78	0,80
2	0,80	0,81
3	0,82	0,82

За 2 минуты выделите известные величины; за 4 вычислите средние силу и путь, затем две оценки μ ; за 3 сравните их; за 2 оформите вывод. 8 класс: используйте $\mu=F/(mg)$ и $\mu=v_0^2/(2gs)$. 9 класс: дополнительно оцените чувствительность к ошибке скорости +5%. Результат: два расчёта с единицами и вывод из двух предложений. Критерии: средние найдены, формулы применены к нужным режимам, различие не объявлено доказательством точного равенства.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Перенос: ту же массу 0,40 кг исследовали на иной поверхности. Пиковая сила и сила установившегося скольжения различаются.

Величина	Значение
Пик перед началом движения	1,60 Н
Тяга при постоянной скорости	1,20 Н
Начальная скорость и путь торможения	2,0 м/с; 0,50 м

1 минута - прочитайте; 3 - вычислите μ скольжения двумя способами; 2 - определите, согласованы ли они; 2 - назовите две проверяемые причины расхождения. Не подгоняйте числа. 8 класс выбирает подходящую силу; 9 класс рассчитывает, какой путь ожидался бы при силовом μ . Результат: заключение с предложением повторной проверки.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты: одна пара защищает измерение силы как более прямой метод, другая - тормозной путь как метод без тяги во время измерения. 3 минуты: приведите по одному ограничению из двух серий и предложите контроль. 2 минуты: запишите, какой метод выберете для лёгкой карточки на столе и почему. Сошлитесь на точность измерения, а не на личное предпочтение.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

За 3 минуты решите: брусок остановился с 3,0 м/с на пути 1,50 м; $g=10$ м/с². Найдите μ , запишите одну предпосылку и объясните, как изменится путь при удвоении скорости при том же μ . 1 минута - сверка; 1 - исправление.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Бумага, калькулятор, линейка; таблицы и схема включены. Нужны понятия силы, работы и скорости. Везде $g=10 \text{ м/с}^2$. Основной вариант - анализ учебных данных, без запусков предметов. Необязательная демонстрация учителем: медленно тянуть небольшой брусок по столу, удерживая его далеко от края. Ученики не бросают предметы. Для 8 класса выдайте обе формулы; для 9 класса предложите вывести энергетическую формулу из баланса энергии.

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

Средняя тяга $0,80 \text{ Н}$, средний путь $0,81 \text{ м}$. Силовой $\mu=0,80/4=0,200$; энергетический $\mu=3,24/16,2=0,200$. Получены одинаковые округлённые оценки в учебной модели, не доказана абсолютная точность измерений. Если скорость завышена на 5%, её квадрат увеличивается в 1,1025 раза, поэтому энергетическая оценка завышена на 10,25%. Среднее значение не устраняет общий сдвиг калибровки.

Ответ и объяснение практики 2

Силовой $\mu=1,20/4=0,30$. Энергетический $\mu=4/(20 \cdot 0,50)=0,40$. Пик $1,60 \text{ Н}$ относится к началу движения и не заменяет силу скольжения. При $\mu=0,30$ ожидаемый путь $4/(20 \cdot 0,30) \approx 0,667 \text{ м}$. Проверить нужно момент измерения начальной скорости, разметку пути, одинаковость поверхности и отсутствие добавочного сопротивления. Расхождение нельзя автоматически объяснить только «плохим трением».

Опора для обсуждения

Оба метода законны при своих предпосылках. Динамометр должен различать малую силу и не наклонять тягу; энергетический метод особенно чувствителен к скорости и сторонним потерям. Лучше выбрать измеряемые с достаточной точностью величины или использовать независимую проверку. Нулевое различие округлённых результатов не доказывает отсутствия ошибок.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$\mu=9/(2 \cdot 10 \cdot 1,50)=0,30$. Нужны горизонтальная поверхность и отсутствие иных значимых потерь после прекращения толчка. При удвоении скорости путь увеличится в 4 раза, до $6,0 \text{ м}$. Четыре элемента по 1 баллу: формула, число без единицы, условие, квадратичная зависимость с новым путём.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Трение. Коэффициент трения	Сопоставляет тягу и торможение	Две оценки μ и условия
Сохранение и превращение энергии; работа №3	Строит баланс энергии	Не смешивает потерю механической энергии с исчезновением энергии

Опора - раздел «Эксперименты по физике» опубликованной программы на 64 часа. Урок конкретизирует исходные темы и занимает 45 минут. Сценарий, распределение времени и числовые имитации - методическая разработка. Физическая сборка и движение грузов заменены бумажными моделями, точными схемами и готовыми учебными данными; это не отчёт о проведённом опыте.

Исходная программа

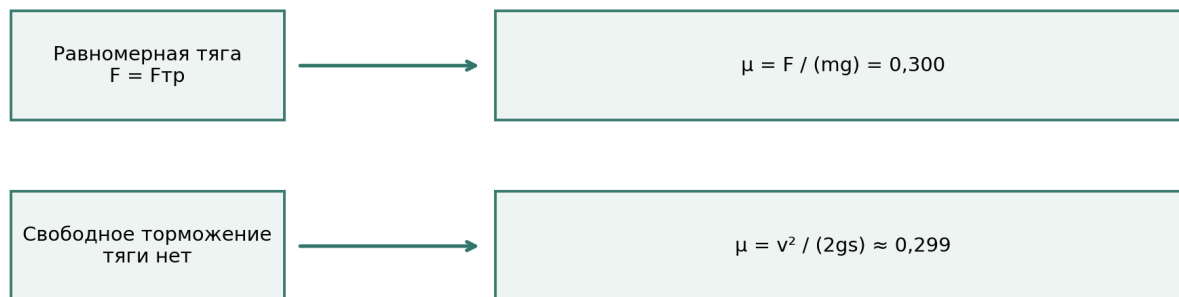
Источники и права на изображения

OpenStax: модель трения скольжения

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

Два участка движения — два метода



Два независимых метода разобранного примера: $m=0,50$ кг, $F=1,50$ Н, $v_0=2,0$ м/с, $s=0,67$ м. Сравниваются оценки μ для одинаковых поверхностей и условий.