



Урок 45. Связанные тела

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 45 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по физике: система и отдельное тело»

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

Вся программа курса

Два груза соединены нитью через блок. Почему натяжение одной нити одинаково с двух сторон, хотя массы и силы тяжести разные?

Проверяемый результат:

Для модели двух связанных грузов найти общее ускорение и натяжение, проверить каждое тело отдельно и баланс энергии системы.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

Массы 0,30 кг и 0,20 кг соединены одной нитью через идеальный блок. Ученик написал $T=3$ Н у тяжёлого груза и $T=2$ Н у лёгкого, потому что «натяжение равно весу каждого».

1 минута - прочтите; 2 - нарисуйте силы каждого груза; 2 - объясните, почему условие равновесия нельзя заранее переносить на ускоренное движение. Сформулируйте направление движения после отпускания из покоя.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, модель и проверка

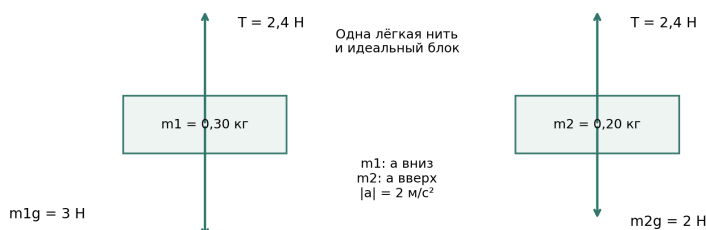
В модели лёгкой нерастяжимой нити перемещения и модули ускорений грузов одинаковы, направления противоположны. Для идеального невесомого блока и лёгкой нити натяжение одинаково по обе стороны. Оно не равно автоматически силе тяжести ни одного груза: каждый груз ускоряется. Тяжёлый m_1 опускается, лёгкий m_2 поднимается.

Выберем для каждого тела положительное направление вдоль его движения. Тогда $m_1g - T = m_1a$ и $T - m_2g = m_2a$. Сложение исключает T : $(m_1 - m_2)g = (m_1 + m_2)a$. Поэтому $a = (m_1 - m_2)g / (m_1 + m_2)$, $T = m_1(g - a) = m_2(g + a)$. В числителе разность масс, в знаменателе сумма - ускоряются оба тела.

Разобраный пример 0,30 и 0,20 кг: $a = 0,10 \cdot 10 / 0,50 = 2,0$ м/с²; $T = 0,30 \cdot 8 = 2,4$ Н. Проверка второго тела: $0,20 \cdot 12 = 2,4$ Н. Для тяжёлого результирующая $3,0 - 2,4 = 0,6$ Н, для лёгкого $2,4 - 2,0 = 0,4$ Н; разные силы при разных массах дают один модуль ускорения.

Если система стартует из покоя и грузы проходят по 0,50 м, $v^2 = 2as = 2$. Убыль потенциальной энергии $(m_1 - m_2)gs = 0,50$ Дж равна общей кинетической $(m_1 + m_2)v^2/2 = 0,50$ Дж. Натяжение передаёт энергию между грузами; его работы в сумме взаимно сокращаются. На 9 минут: 3 - силы; 3 - решение; 3 - две проверки.

Два груза: силы на каждом теле отдельно



Разобраный пример. Это две диаграммы сил, не монтажная схема; длины стрелок условны, значения подписаны. Одинаковое T и разные силы тяжести дают одинаковые модули ускорений, направленные противоположно.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Три независимых учебных модели стартуют из покоя. Все идеализации сохраняются. Для строки А ответ уже разобран в объяснении; используйте её как контроль алгоритма, строки Б и В решите самостоятельно.

Система	m1, кг	m2, кг
А	0,30	0,20
Б	0,40	0,20
В	0,30	0,30

2 минуты - подпишите положительные направления; 4 - найдите а и Т; 3 - проверьте Т по второму телу; 2 - объясните нулевое ускорение В. 8 класс использует готовые уравнения; 9 класс сравнивает, почему одна разность масс без общей массы не задаёт а. Результат: две диаграммы сил и таблица. Критерии: ускорение общее по модулю, Т согласовано с обоими телами, для равных масс вывод зависит от начального состояния.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Перенос: сравните масштабирование масс и энергетическую проверку. Система Г имеет массы 0,60 и 0,40 кг, стартует из покоя; пройдено по $s=0,80$ м.

Что сравнить	Опора
Г и А	Обе массы удвоены
Скорость Г	$v^2=2as$
Энергия Г	Потенциальная убыль и общая кинетическая

1 минута - прогноз а и Т при удвоении масс; 3 - расчёт; 2 - скорость через путь; 2 - баланс энергии. 8 класс может сравнивать v^2 без извлечения корня; 9 класс находит v и объясняет отмену внутренних работ. Результат: прогноз с проверкой и одно энергетическое равенство.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты: сравните расчёт «тяжёлый груз отдельно» и «два груза как система». 3 минуты: объясните, почему Т удобно исключать сложением, но нельзя забыть при проверке каждого тела. 2 минуты: предложите наблюдение, которое заставило бы отказаться от невесомого блока как достаточной модели.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

$m_1=0,60$ кг, $m_2=0,20$ кг; $g=10$. Из покоя найдите а, Т и скорость через 1 с. Проверьте натяжение по обоим телам. 3 минуты - решение; 2 - сверка и исправление.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Карандаш, калькулятор, две бумажные карточки грузов и нарисованный блок. Предпосылки: второй закон Ньютона, положительное направление, работа и кинетическая энергия. $g=10 \text{ м/с}^2$. Физически грузы не подвешивают: вся работа по безопасной бумажной модели и данным. Идеализации - лёгкая нерастяжимая нить, невесомый блок без трения, нить не провисает. 8 класс получает два уравнения; 9 класс самостоятельно складывает их и проверяет энергию.

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

А: $a=2,0 \text{ м/с}^2$, $T=2,4 \text{ Н}$. Б: $a=(0,40-0,20) \cdot 10/0,60=10/3 \approx 3,333 \text{ м/с}^2$; $T=0,40 \cdot (10-10/3)=8/3 \approx 2,667 \text{ Н}$, тот же результат у м2. В: $a=0$, $T=3,0 \text{ Н}$. Из покоя В остаётся в покое; при ненулевой начальной скорости идеальная система могла бы двигаться равномерно, пока сохраняются условия. Нулевое a не сообщает начальную скорость.

Ответ и объяснение практики 2

Г: $a=2,0 \text{ м/с}^2$ - тот же модуль, $T=4,8 \text{ Н}$ - вдвое больше. $v^2=2 \cdot 2 \cdot 0,80=3,2 \text{ м}^2/\text{с}^2$, $v \approx 1,789 \text{ м/с}$. Убыль потенциальной энергии $(0,60-0,40) \cdot 10 \cdot 0,80=1,60 \text{ Дж}$. Кинетическая энергия $(0,60+0,40) \cdot 3,2/2=1,60 \text{ Дж}$. Для двух грузов натяжение выполняет работы противоположных знаков одинакового модуля $T \cdot s$. При массивном блоке появилась бы также энергия его вращения, и эта простая модель была бы неполной.

Опора для обсуждения

Системный расчёт учитывает инерцию обоих грузов и исключает внутреннее действие натяжения. Для отдельного груза натяжение обязательно. Если измеренное ускорение систематически меньше расчётного, проверяют инерцию блока, трение и условия старта; одно расхождение не доказывает единственную причину. Нельзя заменять сумму масс массой тяжёлого груза.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$a=(0,60-0,20) \cdot 10/0,80=5,0 \text{ м/с}^2$. $T=0,60 \cdot (10-5)=3,0 \text{ Н}$; у лёгкого $0,20 \cdot (10+5)=3,0 \text{ Н}$. Через 1 с $v=5,0 \text{ м/с}$ при достаточном ходе грузов и сохранении модели. По баллу: ускорение, T , две согласованные проверки, скорость с условием сохранения движения. Это числовая модель, не инструкция пуска тяжёлых грузов.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Движение связанных тел; работа №11	Составляет и складывает уравнения двух грузов	Общее a и проверенное T
Сохранение и превращение энергии	Сравнивает потенциальную и кинетическую энергию	Учитывает обе массы и границы модели

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

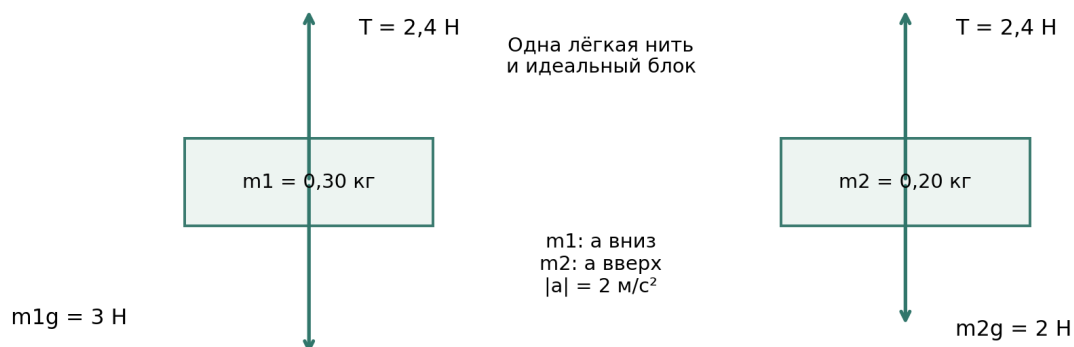
Источники и права на изображения

OpenStax: диаграммы сил и выбор тела

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 груза: силы на каждом теле отдельно



Разобраный пример. Это две диаграммы сил, не монтажная схема; длины стрелок условны, значения подписаны. Одинаковое T и разные силы тяжести дают одинаковые модули ускорений, направленные противоположно.