



Урок 43. Тело под действием нескольких сил

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 43 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по физике: сумма сил и движение»

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

Вся программа курса

На движущийся ящик действуют силы в разные стороны. Может ли равнодействующая быть нулевой, если сам ящик не стоит на месте?

Проверяемый результат:

Построить диаграмму сил одного тела, рассчитать равнодействующую и ускорение, отделить силы от скорости и пары взаимодействия от баланса одного тела.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и первоначальное решение

Ящик уже скользит вправо. Тяга вправо 6 Н, трение влево 6 Н, вверх $N=20$ Н, вниз $mg=20$ Н. «Сумма ноль, значит, ящик немедленно остановится», - утверждает ученик.

1 минута - прочтите; 2 - изобразите четыре силы на одном теле; 2 - отделите вопрос о скорости сейчас от вопроса о её изменении. Запишите прогноз следующего короткого интервала.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, модель и проверка

Диаграмма сил относится к одному выбранному телу. На ящик действуют сила тяжести со стороны Земли, нормальная реакция опоры, тяга и трение. Скорость и ускорение не являются дополнительными силами. В инерциальной системе $\Sigma F = ma$: нулевая сумма означает нулевое ускорение, но не обязательно нулевую скорость.

Разобранный пример: $m=2,0$ кг, тяга 8 Н вправо, трение 3 Н влево, $N=mg=20$ Н. Ось x вправо: $\Sigma F_x = 8 - 3 = 5$ Н, $a_x = 5/2 = 2,5$ м/с². Вертикально $20 - 20 = 0$. Если начальная скорость 1 м/с вправо и силы сохраняются 2 с, $v_x = 1 + 2,5 \cdot 2 = 6$ м/с.

Тяга может иметь вертикальную составляющую: тогда N не равно mg автоматически. Если тянут вверх и вправо, но вертикальное ускорение отсутствует, $N + F_{\text{тяги},y} - mg = 0$. С уменьшением N уменьшается и модельная сила трения μN . Нельзя без проверки переносить $N = mg$ из другого опыта.

Пара третьего закона действует на разные тела: стол действует на ящик вверх, ящик - на стол вниз. Эти силы не складывают в диаграмме одного ящика. На 9 минут: 3 - выбор тела и сил; 3 - пример по осям; 2 - наклонная тяга; 1 - проверка пары взаимодействия.

Силы одного ящика: разобранный пример

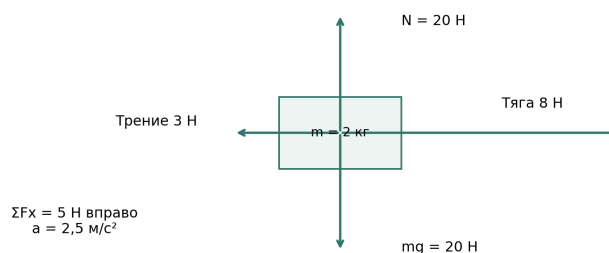


Диаграмма четырёх сил одного тела. Вертикальные стрелки равны; горизонтальные имеют отношение 8:3. Масштаб вертикальных стрелок отличается от горизонтального. Скорость не добавлена как сила.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Работа с первой серией

Учебная серия: ящик $m=2,0$ кг уже скользит вправо, трение в каждом режиме 4 Н, вертикальные силы 20 Н вверх и вниз. Каждый режим начинается с $v_x=3,0$ м/с; силы постоянны 1 с.

Режим	Тяга вправо, Н	Трение влево, Н
А	8	4
Б	4	4
В	2	4

2 минуты - нарисуйте диаграмму А; 4 - найдите ΣF_x и a_x трёх режимов; 3 - скорости через 1 с; 2 - подпишите, ускоряется или замедляется движение вправо. 8 класс использует формулу $v_x=v_0+a_x \cdot t$; 9 класс объясняет, почему отрицательное a_x не означает немедленного движения влево. Результат: диаграмма и таблица трёх прогнозов. Критерии: знаки, масса, различие v и a .

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельное решение

Новый ящик $m=2,0$ кг уже скользит вправо. Составляющие наклонной тяги даны, вычислять тригонометрию не нужно. Вертикального ускорения нет, $\mu=0,20$.

Условие	F_x тяги, Н	F_y тяги вверх, Н
А: горизонтальная тяга	8	0
Б: наклонная тяга	8	5

1 минута - прогноз N; 3 - найдите N и $F_{тр}$ каждого режима; 2 - вычислите a_x ; 2 - объясните разницу при одинаковой горизонтальной тяге. В 9 классе назовите границу условия контакта с опорой; в 8 классе используйте $N=mg-F_y$. Результат: два расчёта и один вывод.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Вывод, который можно обосновать

2 минуты: одна пара защищает фразу «сила нужна, чтобы двигаться», другая уточняет её вторым законом. 3 минуты: приведите режим Б и сравните его с торможением. 2 минуты: выпишите, какие силы являются парой третьего закона для реакции стола.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственный ответ

$m=3$ кг; тело движется вправо со скоростью 4 м/с. Тяга 5 Н вправо, трение 8 Н влево; вертикальные силы уравновешены. Найдите a_x и v_x через 2 с, назовите направление движения и изменения скорости. 3 минуты - решение; 2 - проверка.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Линейка, клетчатая бумага, карандаши, готовые карточки сил; калькулятор. Повторить второй и третий законы Ньютона в кратких формулировках ниже. $g=10 \text{ м/с}^2$. Все перемещения и измерения модельные; тяжёлые грузы и натянутые пружины не нужны. 8 класс получает оси и перечень сил; 9 класс выбирает тело и самостоятельно решает новую задачу с наклонной тягой, компоненты которой уже даны.

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: $\Sigma F_x=4 \text{ Н}$, $a_x=2 \text{ м/с}^2$, $v_x=5 \text{ м/с}$. Б: 0 Н , 0 м/с^2 , $v_x=3 \text{ м/с}$. В: -2 Н , -1 м/с^2 , $v_x=2 \text{ м/с}$ - всё ещё вправо, но медленнее. В пределах 1 с знак скорости не меняется, поэтому направление заданного трения согласовано. Продолжать тот же закон после остановки без пересмотра трения нельзя.

Ответ и объяснение практики 2

А: $N=20 \text{ Н}$, $F_{\text{тр}}=4 \text{ Н}$, $a_x=(8-4)/2=2 \text{ м/с}^2$. Б: $N=15 \text{ Н}$, $F_{\text{тр}}=3 \text{ Н}$, $a_x=(8-3)/2=2,5 \text{ м/с}^2$. Разница обусловлена меньшим прижатием, не изменением μ . При $F_y \geq mg$ условие сохранения контакта требует пересмотра: отрицательную реакцию обычного стола нельзя принимать как физический ответ.

Опора для обсуждения

Для изменения скорости нужна ненулевая равнодействующая. При равномерном скольжении тяга компенсирует трение; при отсутствии трения равномерное движение вообще не требует тяги. Пара реакции: сила стола на ящик и сила ящика на стол. Вес ящика и реакция стола не являются парой третьего закона, хотя иногда равны по модулю.

Ключ и критерии индивидуальной работы

$\Sigma F_x=-3 \text{ Н}$, $a_x=-1 \text{ м/с}^2$. $v_x=4-1 \cdot 2=2 \text{ м/с}$ вправо; скорость по модулю уменьшается. По 1 баллу: сумма сил со знаком, ускорение, скорость, различие направления движения и ускорения. Слово «влево» для скорости при $t=2 \text{ с}$ неверно.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Несколько сил; работа №9	Строит диаграмму одного тела	Согласованные оси, сумма и ускорение
Исследование движения и сравнение условий	Меняет вертикальную составляющую тяги	Учитывает изменение N и трения

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

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

Силы одного ящика: разобранный пример

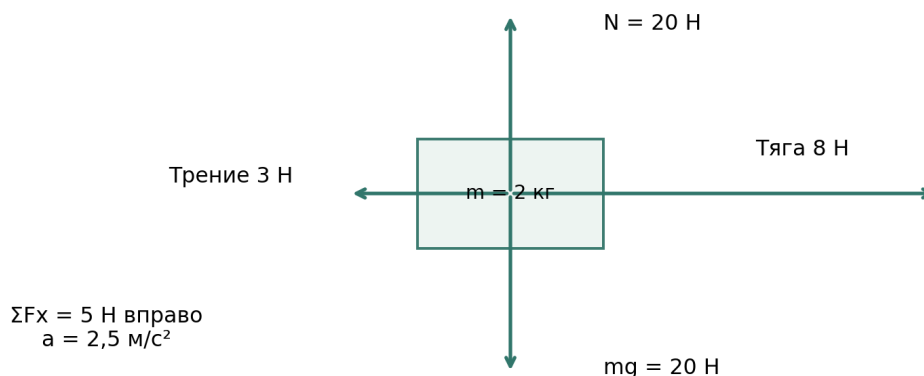


Диаграмма четырёх сил одного тела. Вертикальные стрелки равны; горизонтальные имеют отношение 8:3. Масштаб вертикальных стрелок отличается от горизонтального. Скорость не добавлена как сила.