



Урок 61. Рычаги в теле человека

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

Естественно-научный практикум · 8-9 классы

Урок 61 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

Небольшой груз в ладони может требовать большой силы мышцы. Почему короткое плечо мышцы меняет расчёт?

Проверяемый результат:

Определить перпендикулярные плечи на схеме предплечья, вычислить силу мышцы и отличить условие моментов от равновесия всех сил.

01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

Локоть принят за ось О. Модель предплечья горизонтальна; груз тянет вниз с силой 20 Н на расстоянии 0,30 м, вес самого предплечья 10 Н приложен на 0,15 м. Вертикальная сила мышцы приложена на 0,040 м от оси. За 2 минуты отметьте, какие силы вращают в каждую сторону; за 2 предположите, будет ли сила мышцы меньше 30 Н; за 1 обоснуйте гипотезу.

02. Объяснение и разобранный пример

5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Момент $M = Fd$, где d - кратчайшее расстояние от оси до линии действия силы, то есть перпендикулярное плечо. Единица Н·м. Для покоя сумма моментов относительно оси равна нулю; дополнительно сумма сил должна равняться нулю. Суставная реакция, приложенная в оси О, не даёт момента относительно О, но участвует в балансе сил.

Пример: моменты груза и предплечья $20 \cdot 0,30 = 6,0$ Н·м и $10 \cdot 0,15 = 1,5$ Н·м. Сила мышцы $F_m \cdot 0,040 = 7,5$ Н·м, откуда $F_m = 187,5$ Н. Это больше суммы весов из-за короткого плеча. Из $F_m + R - 20 - 10 = 0$ следует $R = -157,5$ Н: на выделенное предплечье реакция направлена вниз. Отрицательный знак показывает направление относительно выбранного вверх «плюса», а не отрицательную величину силы.

3 минуты - плечо и линия действия; 3 - моменты; 3 - силы и границы анатомической модели. Реальные мышцы, их прикрепления и суставы сложнее одного рычага.



Силовая схема горизонтального предплечья: О - локоть, R - реакция сустава вниз; сила мышцы вверх на 0,040 м; вес предплечья вниз на 0,15 м; груз вниз на 0,30 м. Размеры заданы под схемой, длину стрелки не используют как меру силы.



03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

Положение груза	Вес груза, Н	Плечо груза, м	Вес/плечо предплечья
А	20	0,30	10 Н / 0,15 м
Б	20	0,20	10 Н / 0,15 м
В	10	0,30	10 Н / 0,15 м

Плечо вертикальной мышцы везде 0,040 м. 2 минуты - подпишите схему; 4 - найдите моменты и F_m ; 3 - сравните способы уменьшить нагрузку; 2 - запишите вывод с условиями. Продукт: три строки «суммарный момент $\rightarrow F_m$ ». Критерии: учтён вес предплечья, плечо выражено в метрах, сравниваются заданные модели. 9 класс дополнительно находит R для Б.

04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

В варианте А мышечная сила теперь наклонена: расстояние от О до точки прикрепления по-прежнему 0,040 м, угол между предплечьем и силой 30° . Дано $\sin 30^\circ = 0,5$. За 3 минуты найдите перпендикулярное плечо $d = 0,040 \cdot \sin 30^\circ$; за 3 найдите F_m ; за 2 сравните с вертикальной тягой. Продукт: схема линии действия, плечо и расчёт. Не меняйте плечи весов.

05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

2 минуты - оцените «рычаг в теле всегда выигрывает в силе»; 3 - предложите, что короткое плечо может дать движению кисти вместо выигрыша в силе; 2 - сформулируйте осторожный межпредметный вывод.

06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

Груз 15 Н на плече 0,24 м; вес предплечья 8 Н на 0,12 м; вертикальная сила мышцы имеет плечо 0,030 м. За 3 минуты найдите суммарный момент, F_m , модуль и направление R ; за 1 сверьте, за 1 исправьте. Четыре критерия по 1 баллу.



Ответы, критерии и примечания учителю

Учителю: подготовка и план на 45 минут

Подписанная схема горизонтального предплечья, линейка, калькулятор. Предпосылки: сила тяжести, момент силы, равновесие. Используются бумажные модели; дети не поднимают тяжести, не испытывают мышцы и суставы, не измеряют силу друг друга. Это не тренировочная или медицинская рекомендация. 8 класс использует отмеченные плечи; 9 класс проверяет направление суставной реакции и влияние угла тяги.

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

A: $7,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \rightarrow 187,5 \text{ Н}$. Б: $20 \cdot 0,20 + 1,5 = 5,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \rightarrow 137,5 \text{ Н}$. В: $10 \cdot 0,30 + 1,5 = 4,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \rightarrow 112,5 \text{ Н}$. Для Б $R = 30 - 137,5 = -107,5 \text{ Н}$. И уменьшение веса, и уменьшение плеча груза снижает необходимую силу в этих условиях. Результат не является персональным советом по допустимым нагрузкам.

Ответ и объяснение практики 2

$d = 0,020 \text{ м}$; $F_m = 7,5 / 0,020 = 375 \text{ Н}$. Сила вдвое больше $187,5 \text{ Н}$, потому что перпендикулярное плечо вдвое меньше. Приравнять длину отрезка до точки прикрепления к плечу можно только при перпендикулярной силе. В новой модели есть и горизонтальная составляющая, которую уравнивает соответствующая составляющая реакции.

Опора для обсуждения

В показанном рычаге проигрыш в силе сочетается с возможностью большего перемещения удалённой точки при данном повороте. Это геометрическое объяснение, а не утверждение об эффективности всех мышц. Силовая схема помогает разделить вес, момент и реакцию; не заменяет описание сухожилий и нескольких мышц.

Ключ и критерии индивидуальной работы

Момент $15 \cdot 0,24 + 8 \cdot 0,12 = 4,56 \text{ Н} \cdot \text{м}$. $F_m = 4,56 / 0,030 = 152 \text{ Н}$. $R = 15 + 8 - 152 = -129 \text{ Н}$, то есть 129 Н вниз. По баллу за момент, F_m , модуль и направление реакции.



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
Рычаги в теле человека	Определяет плечи и моменты	Получает проверенный баланс
Занятие №9: момент силы и рычаг	Перестраивает схему при наклоне силы	Не путает расстояние и перпендикулярное плечо

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: силы и моменты в мышцах и суставах

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



Силовая схема горизонтального предплечья: O — локоть, R — реакция сустава вниз; сила мышцы вверх на 0,040 м; вес предплечья вниз на 0,15 м; груз вниз на 0,30 м. Размеры заданы под схемой, длину стрелки не используют как меру силы.