

## ДИНАМИКА

1) Общее обоснование применимости законов Ньютона

1. Рассмотрим задачу в системе отсчета, связанной с Землей. Будем считать ее инерциальной (ИСО).
- 2а. Движение тела (тел) является поступательным, следовательно, тело можно считать материальной точкой.
- 2б. Размерами тел по сравнению с размерами установки можно пренебречь в условиях данной задачи, следовательно, тело можно считать материальной точкой.
3. Применимы законы Ньютона для решения задачи.

2) Если в задаче присутствуют блоки, нужно добавит

4. Так как нить в данных условиях считается невесомой, а сила трения в блоках и сила сопротивления воздуха отсутствует, то силы натяжения, действующие на тела и блоки, возникающие в одной нити, равны по модулю

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$

- 5а. (Если грузы движутся с ускорением и блок неподвижный). Так как нити в данных условиях нерастяжимы, то ускорения тел равны по модулю

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a$$

- 5б. (Если грузы движутся с ускорением и блок подвижный). Так как нити в данных условиях нерастяжимы, можно записать кинематические связи для ускорений тел.

6. (Если в системе присутствует пружина, связывающая тела). Так как пружина легкая, то силы упругости, действующие на тела, равны по модулю:

$$|\vec{F}_{\text{пруж1}}| = |\vec{F}_{\text{пруж2}}| = F_{\text{пруж}}$$

## ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

1) Общее обоснование применимости законов сохранения

1. Рассмотрим задачу в системе отсчета, связанной с Землей. Будем считать ее инерциальной (ИСО).
- 2а. Движение тела (тел) является поступательным, следовательно, тело можно считать материальной точкой.
- 2б. Размерами тел по сравнению с размерами установки можно пренебречь в условиях данной задачи, следовательно, тело можно считать материальной точкой.

2) Возможные варианты обоснования ЗСИ

- 3а. (При абсолютно неупругом ударе). Считаем, что время столкновения очень мало, а все внешние силы, действующие на тела при столкновении, направлены вертикально. Следовательно, в ИСО при сплипании тел сохраняется горизонтальная составляющая импульса.
- 3б. (Если тела на наклонной плоскости). Проекция силы тяжести на выбранную ось не равна нулю, однако при столкновении тел импульс каждого тела меняется на конечную величину, а время столкновения мало, следовательно, можем пренебречь действием силы тяжести в момент столкновения. Воспользуемся законом сохранения импульса для данной системы тел.
- 3в. (Для разрыва снаряда). В данной задаче внешней силой является сила тяжести, которая не равна нулю. Считая время разрыва малым, импульс каждого осколка меняется на конечную величину, следовательно, можем пренебречь действием силы тяжести. Применим закон сохранения импульса.

3) Возможные варианты обоснования ЗСЭ

- 4а. (Для абсолютно неупругого удара). Так как трения нет, а сила сопротивления воздуха отсутствует, применим закон сохранения энергии с учетом выделившейся теплоты.
- 4б. (Для абсолютно упругого удара). Так как трения нет, а сила сопротивления воздуха отсутствует, применим закон сохранения энергии
- 4в. (Если действуют внешние силы). Изменение механической энергии равно работе всех непотенциальных сил. В данном случае можно пренебречь силой трения и сопротивлением воздуха, значит единственной непотенциальной силой является сила натяжения нити (реакции опоры), но так как в каждой точке движения сила натяжения перпендикулярна перемещению тела, то работа этой силы равна нулю. Следовательно, применим закон сохранения энергии.
- 4г. (При наличии трения). Так как силы сопротивления воздуха по условию задачи нет, применим закон сохранения энергии с учетом работы силы трения.

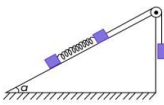
## СТАТИКА

1. Рассмотрим задачу в системе отсчета, связанной с Землей. Будем считать эту систему отсчета инерциальной (ИСО).
2. Стержень является абсолютно твердым телом, следовательно стержень не испытывает деформаций при прикладывании к нему сил.
3. Любое движение твердого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движений. Для описания поступательного движения – векторная сумма сил равна нулю. Для описания вращательного движения – сумма моментов сил равна нулю.
4. (Если стержень или его часть в воде) Из центра части стержня, погруженного в жидкость, действует сила Архимеда, направленная вверх.
5. Применим правило моментов относительно точки/оси... (здесь нужна точка/ось вращения)

## ПРИМЕРЫ

1) НЕПОДВИЖНЫЙ БЛОК С ПРУЖИНОЙ

Система из двух грузов, соединенных пружиной жесткости  $k = 20$  Н/м движется под действием груза  $M = 2$  кг по наклонной плоскости с углом  $30^\circ$  наклон так, что длина пружины  $L$  не меняется. В неравновесном состоянии длина пружины  $l = 15$  см. Массы малых грузов одинаковы и равны  $m = 0,25$  кг. Найдите длину пружины  $L$ . Трением пренебречь. Какие законы Вы используете для описания движения грузов? Обоснуйте их применение к данному случаю.



ОБОСНОВАНИЕ.

1. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инерциальной.
2. Так как тела движутся поступательно, их движение будем описывать материальной точкой.
3. Применим законы Ньютона
4. Так как нить нерастяжима, то

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a$$

5. Так как нить невесома и перекинута через невесомый блок, в котором отсутствует трение, то силы натяжения

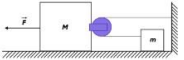
$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$

6. Так как пружина невесома:

$$|\vec{F}_{\text{пруж1}}| = |\vec{F}_{\text{пруж2}}| = F_{\text{пруж}}$$

2) ПОДВИЖНЫЙ БЛОК

К бруску массой  $M = 2$  кг прикреплен легкий блок, через него переброшена легкая нерастяжимая нить, один конец которой привязан к стене, а к другому прикреплено тело массой  $m = 0,75$  кг. На брусок действует сила  $F = 10$  Н. Определите ускорение бруска. Свободные куски нити горизонтальны и лежат в одной вертикальной плоскости, тела движутся вдоль одной прямой. Массой блока и нити, а также трением пренебречь. Какие законы Вы используете для решения задачи? Обоснуйте их применение



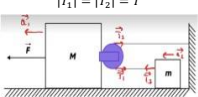
ОБОСНОВАНИЕ.

1. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инерциальной.
2. Так как тела движутся поступательно, их движение будем описывать материальной точкой.
3. Применим законы Ньютона
4. Так как нить нерастяжима, то можно записать кинематические связи для ускорения тел

$$2|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2|$$

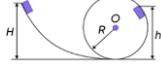
5. Так как нить невесома и перекинута через невесомый блок, в котором отсутствует трение, то силы натяжения

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$



3) ДИНАМИКА + ЗСЭ

Небольшой брусок массой  $m = 1$  кг начинает соскальзывать с высоты  $H$  по гладкой горке, переходящей в мертвую петлю (см. рис.). Определите высоту горки  $H$ , если на высоте  $h = 2,5$  м от нижней точки петли брусок давит на её стенку с силой  $F = 5$  Н, радиус окружности  $R = 2$  м. Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение. Какие законы Вы использовали для описания движения бруска? Обоснуйте их применимость к данному случаю.

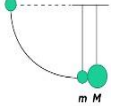


ОБОСНОВАНИЕ:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчета, связанной с Землей. Будем считать эту систему отсчета инерциальной (ИСО). Брусок описываем моделью материальной точки, так как его размеры по сравнению с кольцом можно пренебречь.
2. При движении бруска по поверхности кольца на него действуют сила тяжести и сила реакции опоры со стороны кольца, перпендикулярна его поверхности. Работа силы реакции опоры при движении бруска равна нулю, сила трения отсутствует. Тогда в ИСО можно применить закон сохранения энергии.
3. Для материальной точки в инерциальной системе отсчета применимы законы Ньютона.

4) АБСОЛЮТНО НЕУПРУГИЙ УДАР

Два шарика висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях длиной  $l = 1,5$  м (см. рис.). Левый шарик отклоняют на угол  $90^\circ$  и отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Массы шариков  $m = 0,1$  кг и  $M = 0,2$  кг. Какое количество теплоты выделится в результате абсолютно неупругого удара шариков? Обоснуйте применимость законов.



ОБОСНОВАНИЕ:

1. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инерциальной.
2. В условиях данной задачи шарики считаем материальными точками, так как их размеры малы по сравнению с установкой.
3. Так как сила натяжения нити перпендикулярна скорости шарика, то ее работа равна нулю. Следовательно, применим закон сохранения энергии до удара.
4. Применим закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось, так как внешние силы вертикальны в момент столкновения.
5. Так как соударение абсолютно неупругое, выделяется тепло, применим закон изменения энергии в момент столкновения.

5) ОТРЫВ ТЕЛА

На горизонтальной поверхности неподвижно закреплена абсолютно гладкая полусфера. С её верхней точки из состояния покоя соскальзывает маленькое тело. В некоторой точке тело отрывается от сферы и летит свободно. Найдите радиус сферы, если в момент отрыва тело имело скорость  $4$  м/с. Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.

ОБОСНОВАНИЕ:

1. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инерциальной.
2. Так размеры тела, соскальзывающего с полусферы, малы, то его можно считать материальной точкой.
3. Применим второй закон Ньютона
4. При движении тела от вершины полусферы выполняется закон сохранения механической энергии, так как полусфера гладкая, и работа силы реакции опоры равна нулю (эта сила перпендикулярна скорости тела).

6) ЗСЭ С УЧЕТОМ ТРЕНИЯ

Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны  $V_{01} = 15$  м/с и  $V_{02} = 5$  м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом  $\mu = 0,17$ . На какое расстояние переместится сплывший брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30 %? Какие законы Вы использовали для решения задачи? Обоснуйте их применение к данному случаю.

ОБОСНОВАНИЕ:

1. Система отсчета, связанная с Землей, инерциальная (ИСО)
2. При поступательном движении тела можно считать материальными точками.
3. В момент столкновения на тела действуют внешние силы - силы тяжести и реакции опоры, но т.к они направлены вертикально, то применим ЗСИ в проекции на горизонтальную ось
4. Закон сохранения энергии применим, если работа непотенциальных сил отсутствует. Сопротивления воздуха нет, но присутствует трение. Непотенциальной силой является сила реакции опоры  $N$ , но т.к вектор данной силы перпендикулярен вектору скорости, то работа силы реакции опоры равна нулю. Применим ЗСЭ с учетом работы силы трения

7) РАЗРЫВ СНАРЯДА (ЗСИ)

Снаряд массой  $4$  кг, летящий со скоростью  $400$  м/с, разрывается на две равные части, одна из которых летит в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличилась на величину  $\Delta E = 0,5$  МДж. Определите скорость осколка, летящего по направлению движения снаряда. Какие законы Вы используете для описания взрыва снаряда? Обоснуйте их применение к данному случаю.

ОБОСНОВАНИЕ:

1. Система отсчета, связанная с Землей, инерциальная
2. В рамках задачи тела можно считать материальными точками.
3. В данной задаче внешней силой является сила тяжести, которая не равна нулю. Считая время разрыва малым, импульс каждого осколка меняется на конечную величину, следовательно, можем пренебречь действием силы тяжести. Применим закон сохранения импульса.
4. Так как сила сопротивления воздуха отсутствует трения снарядов нет, применим ЗСЭ с учётом изменения энергии.

8) ПОЛНЫЙ ОБОРОТ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ (ЗСЭ + ЗСИ)

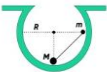
В маленький шар массой  $M = 230$  г, висющий на нити длиной  $L = 50$  см, попадает и застревает в нём горизонтально летящая пуля. Минимальная скорость пули  $V_0$ , при которой шар после этого совершит полный оборот в вертикальной плоскости, равна  $120$  м/с. Чему равна масса пули? Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.

ОБОСНОВАНИЕ:

1. Систему отсчёта, связанную с Землей, будем считать инерциальной.
2. Размерами тел по сравнению с размерами установки можно пренебречь в условиях данной задачи, следовательно, тело можно считать материальной точкой.
3. Для описания взаимодействия пули и шара использован закон сохранения импульса системы тел. Он выполняется в инерциальной системе отсчёта, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю. В данном случае проекции внешних сил (силы тяжести и силы натяжения нити) на горизонтальную ось в момент взаимодействия равны нулю. Следовательно, можно использовать закон сохранения импульса в проекциях на эту ось.
4. Для дальнейшего движения шара с застрявшей в нём пулей будет справедлив закон сохранения механической энергии, поскольку сопротивлением воздуха по условию задачи можно пренебречь, а единственной неконсервативной силой, действующая на шар, – сила натяжения нити – не совершает работы при движении шара по окружности, так как она всюду перпендикулярна скорости движения шара.
5. Условие минимальности  $V_0$  означает, что шар совершает полный оборот в вертикальной плоскости, но при этом натяжение нити в верхней точке (и только в ней!) обращается в нуль.

9) СТАТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА

Внутри сферической поверхности помещена гантель. Масса большого шарика  $M = 60$  г. Стержень, соединяющий шарик, невесом. Коэффициент трения между большим шариком и сферической поверхностью  $0,4$ . Трение между маленьким шариком и сферической поверхностью отсутствует. Определите, при каком значении массы шарика  $m$  гантель будет оставаться в неподвижном состоянии. Считать размеры шариков значительно меньшими, чем размер всей гантели. Какие законы Вы используете для описания равновесия штанги? Обоснуйте их применение к данному случаю.



ОБОСНОЕ

1. Система отсчета, связанная с Землей, инерциальная
2. Размерами шариков по сравнению с выемкой можно пренебречь, будем считать их материальными точками.
3. Следовательно, применим второй закон Ньютона.
4. Так как стержень жесткий, то силы действия со стороны шарнира, действующие на каждый шарик, равны по модулю

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$

10) СТАТИКА (НЕОДНОРОДНОЕ ТЕЛО)

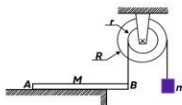
На земле лежит бревно, торцы бревна имеют разные диаметры. Объем бревна  $= 0,2$  м<sup>3</sup>, средняя плотность  $450$  кг/м<sup>3</sup>. Чтобы поднять один край бревна необходима сила  $F_1 = 350$  Н. Найдите силу  $F_2$ , которую необходимо приложить, чтобы приподнять второй край. Какие законы Вы используете для описания движения бревна? Обоснуйте их применение к данному случаю.

ОБОСНОВАНИЕ:

1. Система отсчета, связанная с Землей, является инерциальной (ИСО).
2. Бревно в условиях задачи описываем абсолютно твердым телом.
3. Любое движение твердого тела описывается суперпозицией поступательного и вращательного движений. Для описания поступательного движения – векторная сумма сил равна нулю. Для описания вращательного движения – сумма моментов сил равна нулю.
4. Применимо правило моментов относительно точки...
5. Так как бревно не является однородным, то положение центра масс не совпадает с центром бревна.

11) СТАТИКА

Однородный брусок АВ массой  $M$  постоянного прямоугольного сечения лежит на гладкой горизонтальной поверхности стола, свешиваясь с него менее чем наполовину (см. рисунок). К правому концу бруса прикреплена легкая нерастяжимая нить. Другой конец нити закреплен на меньшем из двух дисков идеального составного блока. На большем диске этого блока закреплена другая легкая нерастяжимая нить, на которой висит груз массой  $m = 1$  кг. Диски скреплены друг с другом, образуя единое целое, где  $R = 10$  см,  $g = 5$  см. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на брусок  $M$ , блок и груз  $m$ . Найдите минимальное значение  $M$ , при котором система тел остается неподвижной. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.



ОБОСНОВАНИЕ:

1. Система отсчета, связанная с Землей, инерциальная.
2. При поступательном движении грузик считаем материальной точкой.
3. Применимы законы Ньютона.
4. Так как нити в данных условиях считаются невесомыми, сила трения в блоках и сила сопротивления воздуха отсутствует, силы натяжения, действующие на тела и блоки, возникающие в одной нити, равны по модулю.

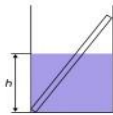
$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$

5. Так как нити нерастяжимы, значит в состоянии покоя покоятся все элементы системы.
6. Брусок АВ будем считать абсолютно твердым телом.
7. Любое движение абсолютно твердого тела описывается суперпозицией поступательного и вращательного движений. Для описания поступательного движения – векторная сумма сил равна нулю. Для описания вращательного движения – сумма моментов сил равна нулю.
8. Для бруска правило моментов применяется относительно точки ..., а для блока – относительно точки ...

12) СТАТИКА И СИЛА АРХИМЕДА

В гладкий высокий стакан радиусом  $4$  см поставили однородную алюминиевую палочку длиной  $10$  см и массой  $0,9$  г, после чего в стакан налили до высоты  $h = 4$  см воду. Найдите модуль силы  $F^*$ , с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на палочку. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.

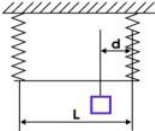


ОБОСНОВАНИЕ:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчета, связанно с Землей. Будем считать эту систему отсчета инерциальной (ИСО).
2. Описываем палочку моделью абсолютно твердого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остается неизменным).
3. Любое движение твердого тела описывается суперпозицией поступательного и вращательного движений. Для описания поступательного движения – векторная сумма сил равна нулю. Для описания вращательного движения – сумма моментов сил равна нулю.
4. Применимо правило моментов относительно точки...
5. Так как стержень погружен в воду, то на погруженную часть действует сила Архимеда, которая направлена из центра погруженной части.

13) СТАТИКА И ПРУЖИНЫ

К двум вертикально расположенным пружинам одинаковой длины повесили однородный стержень длиной  $L = 40$  см. Если к этому стержню повесить груз массой  $m = 3$  кг на расстоянии  $d = 5$  см от правой пружины, то стержень будет расположен горизонтально, а растяжения обеих пружин будут одинаковы (см. рисунок). Жесткость левой пружины в 3 раза меньше, чем у правой. Чему равна масса  $M$  стержня? Сделайте рисунок с указанием сил, использованных в решении задачи. Какие законы Вы использовали для описания равновесия системы? Обоснуйте их применимость к данному случаю.

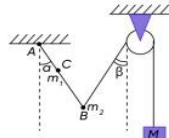


ОБОСНОВАНИЕ:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчета, связанно с Землей. Будем считать эту систему отсчета инерциальной (ИСО).
2. Описываем стержень моделью твердого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остается неизменным).
3. Любое движение твердого тела описывается суперпозицией поступательного и вращательного движений. Для описания поступательного движения – векторная сумма сил равна нулю. Для описания вращательного движения – сумма моментов сил равна нулю.
4. При сравнении сил упругости пружин используем закон Гука.
5. Применимо правило моментов относительно точки...

14) СТАТИКА И БЛОКИ

Невесомый стержень АВ с двумя малыми грузиками массами  $m_1 = 200$  г и  $m_2 = 100$  г, расположенными в точках С и В соответственно, шарнирно закреплён в точке А. Груз массой  $M = 100$  г подвешен к идеальному блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии: стержень отклонён от вертикали на угол  $\alpha = 30^\circ$ , а нить составляет угол  $\beta$  с вертикалью, равный  $\beta = 30^\circ$ . Расстояние  $AC = b = 25$  см. Определите длину  $l$  стержня АВ. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз  $M$  и стержень. Какие законы Вы используете для описания равновесия стержня? Обоснуйте их применение к данному случаю.

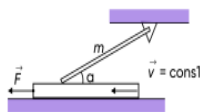


ОБОСНОВАНИЕ:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчета, связанно с Землей. Будем считать эту систему отсчета инерциальной (ИСО).
  2. В условиях задачи грузы можно считать материальными точками.
  3. Используем законы Ньютона
  4. Так как нить в данных условиях считается невесомой, сила трения в блоках и сила сопротивления воздуха отсутствует, силы натяжения, действующие на тела и блоки, возникающие в одной нити, равны по модулю.
- $$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$
5. Нить нерастяжимая, следовательно, если покоится один элемент системы тел, связанных нитью, то вся система покоится.
  6. Невесомый стержень будет описываться моделью абсолютно твердого тела.
  7. Любое движение твердого тела описывается суперпозицией поступательного и вращательного движений. Для описания поступательного движения – векторная сумма сил равна нулю. Для описания вращательного движения – сумма моментов сил равна нулю.
  8. Применимо правило моментов относительно точки...

15) СТАТИКА

Однородный тонкий стержень массой  $m = 1$  кг одним концом шарнирно прикреплен к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол  $\alpha = 30^\circ$ . Под действием горизонтальной силы  $F$  доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рис.). Стержень при этом неподвижен. Найдите  $F$ , если коэффициент трения стержня по доске  $\mu = 0,2$ . Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.



ОБОСНОВАНИЕ:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчета, связанно с Землей. Будем считать эту систему отсчета инерциальной (ИСО).
  2. При поступательном движении доску можно считать материальной точкой.
  3. Используем законы Ньютона
  4. Однородный тонкий стержень будет описываться моделью абсолютно твердого тела.
5. Любое движение твердого тела описывается суперпозицией поступательного и вращательного движений. Для описания поступательного движения – векторная сумма сил равна нулю. Для описания вращательного движения – сумма моментов сил равна нулю.
  6. Применимо правило моментов относительно точки...