

Агентство образования администрации Красноярского края
Красноярский государственный университет
Заочная естественно-научная школа при КрасГУ

**ФИЗИКА
ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА
ТРЕТИЙ ЗАКОН НЬЮТОНА
СТАТИКА**

**Модуль № 3 для 9 класса
Учебно-методическая часть**

Красноярск 2006

Физика: Модуль № 3 для 9 класса. Учебно-методическая часть. /
Сост: В.И. Гурков, доцент кафедры общей физики; КрасГУ. – Красноярск, 2006
— 21 с.

ISBN 5-7638-0698-0

Печатается по решению Дирекции
Краевого государственного учреждения дополнительного образования
Заочная естественно-научная школа
при Красноярском государственном университете

ISBN 5-7638-0698-0

© Красноярский
государственный
университет, 2006

Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Статика.

1. Основная задача механики. Понятие инерциальной системы отсчета. Введение понятия силы, массы и ускорения. Импульс тела. Второй закон Ньютона и его различные формы записи.

2. Понятие взаимодействия двух тел. Третий закон Ньютона и его следствия.

3. Условия равновесия тел. Статика. Связь понятия равновесия системы тел с равенством нулю равнодействующей силы и результирующего момента сил (общее условие равновесия системы тел).

4. Понятие веса тела. Способы определения веса тела. Взвешивание на рычажных и пружинных весах. Различие между весом тела и силой тяжести. Невесомость.

Примеры решения задач. Контрольные вопросы, задачи и тесты

Мы уже знаем, что основная задача механики — определение положения тела в любой момент времени относительно какой-нибудь определенной системы отсчета. Если движение тела (материальной точки) равноускоренное и прямолинейное, то решение этой задачи идет по следующей схеме: по известному ускорению a и начальной скорости v_0 находят скорость $v(t)$ в любой момент времени t по формуле

$$v(t) = v_0 + a \cdot t. \quad (1)$$

Координату тела $x(t)$ определяют по формуле

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}, \quad (2)$$

где x_0 - начальная (при $t = 0$) координата тела.

Всякое тело, движется оно или покоится относительно выбранной системы отсчета, окружено множеством других тел. Все опытные факты говорит о том, что изменение движения тел (появление ускорений) происходит лишь в результате воздействия на них других тел.

Первый закон Ньютона утверждает, что существуют такие системы отсчета, называемые *инерциальными*, относительно которых тела (материальные точки) сохраняют свою скорость постоянной, если на них не действуют другие тела или действие других тел компенсируется.

Всякая другая система отсчета, движущаяся по отношению к инерциальной системе отсчета поступательно, равномерно и прямолинейно, есть также инерциальная система отсчета. Во всех таких системах отсчета законы физики одинаковы (принцип относительности).

Система отсчета, движущаяся по отношению к инерциальной с ускорением, называется *неинерциальной* системой отсчета. В неинерциальных системах отсчета материальная точка может изменять скорость даже без воздействия других тел или когда воздействие других тел компенсируется. В дальнейшем будем пользоваться только инерциальными системами отсчета.

Часто возникает вопрос: является ли система отсчета, связанная с Землей, инерциальной? Строго говоря, нет, потому что Земля движется вокруг Солнца

по криволинейной траектории (почти по окружности) и, следовательно, относительно Солнца она движется с ускорением. Кроме того, Земля вращается вокруг своей оси. Это движение тоже ускоренное. Но вокруг Солнца Земля совершает один оборот за год, а вокруг своей оси — за сутки. Оба ускорения настолько малы по сравнению с ускорением свободного падения, что в практических задачах систему отсчета, связанную с Землей, считают инерциальной.

Второй закон Ньютона

Основное положение механики состоит в утверждении, что ускорения тел определяются их взаимодействием друг с другом. Мера взаимодействия двух тел A и B , в результате которого тела приобретают ускорения или деформируются, называется силой F (рис.1)

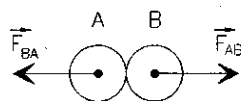


Рис.1

Подчеркнем, что понятие силы в инерциальных системах отсчета относится к двум телам: всегда можно указать тело B , на которое действует сила \vec{F}_{AB} и тело A , со стороны которого она действует.

Сила — величина векторная. Она характеризуется направлением действия, числовым значением $|\vec{F}_{AB}|$ и точкой приложения, если тело не является материальной точкой. Точные измерения в механике показывают, что ускорение тела a прямо пропорционально действующей на него силе F , т.е. $\vec{a} \sim \vec{F}$ и обратно пропорционально массе тела m .

Масса — количественная мера инертности тела при поступательном движении и характеризует способность тела приобретать то или иное ускорение под действием данной силы.

Второй закон Ньютона:

Если на тело действует сила \vec{F} , то тело получает по отношению к инерциальной системе отсчета такое ускорение \vec{a} , что произведение массы тела m на это ускорение \vec{a} равно силе \vec{F} :

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}. \quad (3)$$

Если на материальную точку массой m действуют несколько сил $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_N$, то, как показывает опыт, в этом случае справедлив принцип независимого действия сил (принцип суперпозиции). Суть его в том, что величина и направление ускорения, вызванного действием какой-то одной силы, не зависит от действия других сил, т.е.

$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{F}_1}{m}, \quad \vec{a}_2 = \frac{\vec{F}_2}{m}, \quad \vec{a}_N = \frac{\vec{F}_N}{m}$$

Полное ускорение тела \vec{a} равно

$$\vec{a} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \dots + \vec{a}_N = \frac{\vec{F}_1}{m} + \frac{\vec{F}_2}{m} + \dots + \frac{\vec{F}_N}{m} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (4)$$

В последнем выражении сила \vec{F} , равная

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N \quad (5)$$

называется равнодействующей всех приложенных телу сил.

Если рассматривается движение нескольких тел, то второй закон Ньютона нужно записывать для каждого тела. При этом число уравнений должно быть равно числу неизвестных.

Если два тела связаны невесомой нитью, то натянутая нить действует с одинаковыми по величине силами как на одно, так и на другое тело (см. далее третий закон Ньютона).

При движении тела по окружности радиуса R полное ускорение a удобно представлять в виде

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n. \quad (6)$$

В этом выражении \vec{a}_τ - тангенциальное (касательное) ускорение, направленное по касательной к окружности, характеризует изменение скорости

по величине: при уменьшении скорости $\vec{a}_\tau < 0$, при увеличении скорости $\vec{a}_\tau > 0$. Если скорость по величине постоянна, то $\vec{a}_\tau = 0$. Величина вектора \vec{a}_n равна $\frac{v^2}{R}$ и характеризует изменение скорости по направлению. Вектор \vec{a}_n направлен вдоль радиуса к центру окружности.

Из определения векторов \vec{a}_τ и \vec{a}_n следует, что $\vec{a}_\tau \perp \vec{a}_n$, а величина полного ускорения \vec{a} равна

$$\vec{a} = \sqrt{\vec{a}_\tau^2 + \vec{a}_n^2}. \quad (7)$$

В элементарном курсе физики обычно рассматриваются задачи, когда скорость тела при его движении по окружности остается постоянной по величине (направление меняется), т.е. $\vec{a}_\tau = 0$, полное ускорение $\vec{a} = \vec{a}_n$. При этом нормальное ускорение обычно называют центростремительным.

При решении задач о движении тела по окружности одну из осей проектирования, например, ось x удобно направлять вдоль радиуса окружности к ее центру. Тогда уравнение движения тела записывается в виде

$$\frac{mv^2}{R} = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} \quad (8)$$

где $F_{1x}, F_{2x}, \dots, F_{nx}$ - проекции сил на это направление.

Если тело движется по окружности с постоянной скоростью, то $\vec{a}_\tau = 0$ и сумма проекций всех сил на направление, перпендикулярное радиусу, равна нулю. Отличную от нуля равнодействующую всех сил в правой части (8) иногда называют центростремительной силой. Надо иметь в виду, что центростремительная сила не является какой-то силой особой природы. На самом деле на тело, равномерно движущееся по окружности, действуют какие-либо силы, рассматриваемые в механике: силы упругости, силы тяготения, силы трения и т.д.

При решении многих задач более удобна иная, нежели по формуле (3), формулировка второго закона Ньютона.

Импульсом \vec{P} тела массы m , движущегося со скоростью \vec{v} , называют произведение

$$\vec{P} = m\vec{v} \quad (9)$$

Пусть на тело в течение времени t действовала постоянная сила \vec{F} , в результате чего скорость тела изменилась от начальной \vec{v}_H до конечной \vec{v}_K . Ускорение тела при этом равно

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_K - \vec{v}_H}{t}.$$

Подставляя это выражение для ускорения в формулу (3), получим

$$\frac{m(\vec{v}_K - \vec{v}_H)}{t} = \vec{F}.$$

Отсюда

$$m\vec{v}_K - m\vec{v}_H = \vec{P}_K - \vec{P}_H = \Delta\vec{P} = \vec{F} \cdot t.$$

Итак, изменение импульса $\Delta\vec{P} = \vec{P}_K - \vec{P}_H$ равно произведению силы на время ее действия:

$$\Delta\vec{P} = \vec{F} \cdot t. \quad (10)$$

Именно такая формулировка фактически была дана Ньютоном еще в 1686 году:

Изменение количества движения (у нас — импульса) пропорционально приложенной силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

Отметим, что сам Ньютон никогда не пользовался вторым законом в форме (3) и нигде не применял понятия ускорения.

Третий закон Ньютона

Ранее уже отмечалось, что любое действие тел друг на друга в инерциальной системе отсчета носит характер взаимодействия.

Третий закон динамики Ньютон сформулировал так:

"Действию всегда есть равное и противоположное противодействие; иначе — взаимодействия двух тел друг на друга между собой равны и

направлены в противоположные стороны".

Отсюда следует, что нет силы без противодействующей силы. Третий закон ничего не говорит о величине сил, а только о том, что они равны при взаимодействии двух тел. Силы "действия" и "противодействия" приложены к различным телам и поэтому на данное тело действует лишь одна из этих двух сил.

Если воспользоваться обозначениями на рис.1, то этот закон можно записать в виде:

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} \quad (11)$$

Равенство абсолютных значений сил $|\vec{F}_{AB}| = |\vec{F}_{BA}|$ при взаимодействии двух тел имеет место всегда и не зависит от того, движутся ли взаимодействующие тела или находятся в относительном покое. В инерциальных системах отсчета все силы возникают и исчезают только парами.

Домножая обе части формулы (11) на время воздействия t и учитывая формулу (7), получим

$$\vec{F}_{AB} \cdot t = -\vec{F}_{BA} \cdot t$$

или

$$\Delta\vec{P}_A = -\Delta\vec{P}_B \quad (12)$$

Из последней формулы следует, что изменения импульсов $\Delta\vec{P}_A$ и $\Delta\vec{P}_B$ тел A и B при взаимодействии равны по величине и противоположны по направлению независимо от их первоначального движения, а суммарное изменение импульса обоих тел равно нулю:

$$\Delta\vec{P}_A + \Delta\vec{P}_B = 0 \quad (13)$$

Из формулы (13) следует, что если учитывается взаимодействие только между двумя данными телами, то их суммарный импульс во все времена остается постоянным.

Статика

Раздел механики, изучающий условия равновесия тел, называют статикой. Из второго закона Ньютона следует, что ускорение тела a равно нулю, если на него не действуют никакие силы или геометрическая сумма всех сил (равнодействующая сила), действующих на тело, равна нулю:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = 0 \quad (14)$$

Из формулы (14) следует, что и сумма проекций этих сил на любую ось тоже равна нулю. При этом тело может двигаться равномерно и прямолинейно относительно данной системы отсчета, также находясь в положении равновесия.

Если тело не является материальной точкой, то становится важным знать положение точек приложения сил. Пусть к телу приложены силы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 (рис.2), а ось вращения проходит через точку O .

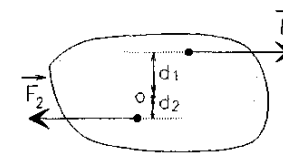


Рис.2

Даже при $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$, когда ускорение поступательного движения тела равно нулю, оно не будет находиться в равновесии. Легко убедиться в том, что тело будет вращаться (в нашем случае — по часовой стрелке). Вращающее действие силы характеризуется произведением модуля силы F на расстояние от оси вращения до линии действия силы (плечо d):

$$M = F \cdot d \quad (15)$$

В формуле (15): M — момент силы относительно оси вращения (вращающий момент). Обычно принято приписывать моментам сил, вращающим тело по часовой стрелке, положительный знак (+), а против — отрицательный (-).

Моменты всех действующих на тело сил относительно выбранной оси складываются алгебраически:

$$M = -M_1 + M_2 + \dots + M_N. \quad (16)$$

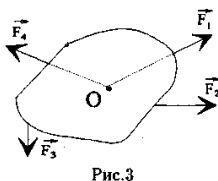
Для того чтобы тело не начало вращаться или вращалось с постоянной угловой скоростью, необходимо, чтобы алгебраическая сумма моментов в выражении (16) была равна нулю:

$$F_1 d_1 + F_2 d_2 + \dots + F_N d_N = 0. \quad (17)$$

Общее условие равновесия тела: для того, чтобы тело находилось в равновесии, необходимо, чтобы были равны нулю равнодействующая приложенных к нему сил и алгебраическая сумма моментов этих сил относительно выбранной оси вращения.

Суммарный момент сил при равновесии равен нулю относительно любой оси. Для упрощения уравнения (17) удобно рассматривать моменты сил относительно неподвижной точки тела, если она есть, так как при этом не нужно учитывать силы, возникающие при закреплении этой точки (их моменты равны нулю). Если тело не закреплено в какой-либо точке, обычно рассматривают ось, проходящую через центр масс.

Центр масс тела - точка, в которой пересекаются линии действия сил, вызывающих только поступательное движение незакрепленного тела (на рис. 3 - точка O). Пунктиром отмечены линии действия сил. Силы \vec{F}_1 и \vec{F}_4 вызывают поступательное движение; \vec{F}_2 и \vec{F}_3 - поворот тела относительно оси, проходящей через точку O, и смещение точки O.



Для того чтобы тело покоилось в данной системе отсчета к условиям равновесия нужно добавить требование равенства нулю скорости поступательного движения (скорости центра масс) и угловой скорости вращения тела.

Вес и взвешивание тел. Невесомость

Весом тела называют силу \vec{P} , с которой это тело действует на подставку, на которой оно лежит, или тянет за подвес, к которому оно подвешено. При этом предполагается, что тело, подставка или подвес покоятся или равномерно и прямолинейно движутся в той системе отсчета, в которой производится взвешивание. Когда говорят о весе тела, обычно предполагают, что тело, подставка или подвес покоятся относительно Земли, считающейся инерциальной системой отсчета. В этом случае вес тела совпадает по величине и направлению с силой тяжести $m\vec{g}$, $\vec{P} = m\vec{g}$. Опыт показал, что величина ускорения свободного падения зависит от географической широты. Например, на полюсе $g = 9,83 м/с^2$, на экваторе $g = 9,78 м/с^2$.

При движении подвеса или опоры в вертикальном направлении с ускорением w покоящееся относительно них тело будет действовать на подвес или опору с силой $F = m(g \pm w)$; знак плюс — при движении вверх, минус — вниз. При свободном падении тела вместе с опорой или подвесом $w = g$ — наступает состояние невесомости. Такое состояние наступает для любого тела, свободно и поступательно движущегося под действием только силы тяжести. Вследствие этого внутри тела отсутствует деформация. Подчеркнем, что вес тела и сила тяжести не одно и то же: они всегда приложены к разным телам. Вес тела определяется всей совокупностью действующих на него сил, а не только силой тяжести. Вес тела измеряется с помощью пружинных весов, а масса — с помощью рычажных весов. Если плечи рычажных весов равны d_1 и d_2 , то в условии равновесия $d_1 m_1 g = d_2 m_2 g$, где m_1 и m_2 — массы взвешиваемого тела и гирь соответственно.

$$\text{Отсюда } m_1 = m_2 \frac{d_1}{d_2}.$$

Силы в механике

Силы упругости возникают при деформации тел - изменении формы и объема тела при внешнем воздействии. Закон Гука $F_{упр} = -kx$ выполняется при упругих деформациях, исчезающих после прекращения внешнего воздействия. В законе Гука k (Н/м) - коэффициент жесткости; x - удлинение

(сжатие) тела. Знак "минус" указывает на то, что сила упругой деформации направлена в сторону, противоположную направлению смещения.

Силы реакции опоры \vec{N} и нормального давления \vec{N}' действуют перпендикулярно к поверхности соприкосновения тел. Сила \vec{N} действует со стороны опоры на тело, \vec{N}' - со стороны тела на опору. В соответствии с третьим законом Ньютона $\vec{N} = -\vec{N}'$.

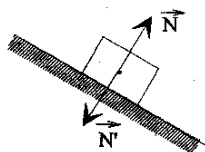


Рис.4

Сила натяжения \vec{T} действует на тело со стороны подвеса через нить. Если нить невесома, то сила \vec{T}' , действующая на подвес (блок) равна по величине силе \vec{T} . Если блок невесом и трения в оси блока нет, то $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2|$.

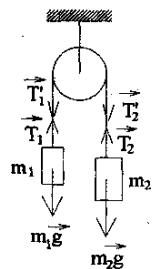


Рис.5

По третьему закону Ньютона

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_1'| \quad \text{и} \quad |\vec{T}_2| = |\vec{T}_2'|.$$

Таким образом, натянутая невесома нить действует с одинаковыми по величине силами, как на тела массами m_1 и m_2 , так и на блок.

Сила трения $\vec{F}_{тр}$ возникает в случае, если на тело действует сила, стремящаяся сдвинуть (или двигающая) его с места и направлена против этой силы. Сила трения покоя может возрастать только до определенного (максимального) значения, определяемого силой нормального давления N :

$\vec{F}_{тр\max} = \mu \cdot N$, где μ - коэффициент трения. При скольжении обычно принимается, что сила трения скольжения $\vec{F}_{тр\text{ск}} = \mu \cdot N$. Для определения направления силы трения нужно помнить, что она направлена в сторону, противоположную направлению движения тела или его возможного движения.

Сила гравитационного взаимодействия между точечными телами массами m_1 и m_2 равна по величине

$$F_{гп} = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где $G = 6.7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ - гравитационная постоянная; r - расстояние между телами.

Если небесное тело (планета) массой m_1 представляет собой однородный шар радиуса R , то под r нужно понимать расстояние между центром небесного тела и массой m_2 , если она точечная. Если оба небесных тела представляют собой однородные шары, то r - расстояние между их центрами. Если небесные тела имеют радиусы R_1 и R_2 соответственно, то закон всемирного тяготения

$$F_{гп} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{верен при} \quad r \geq R_1 + R_2.$$

Под силой тяготения понимают силу гравитационного взаимодействия между телом, находящимся на поверхности Земли и Землей. Разумеется, при таком взаимодействии выполняется третий закон Ньютона, и сила, с которой Земля притягивает тело (сила тяготения), равна по величине и противоположна по направлению силе, с которой тело притягивает Землю.

В заключение рассмотрим примеры решения задач.

Задача 1.

Два тела массами m_1 и m_2 , лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны нерастяжимой нитью массой m . С каким ускорением будут двигаться тела и чему равны силы T_1 и T_2 , действующие на тела со стороны нити, если к первому приложить горизонтальную силу F ? Каков физический смысл невесома и нерастяжимости нити?

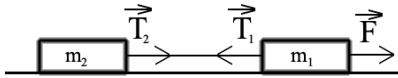


Рис.6

Решение.

По условию задачи нить нерастяжима и имеет массу m . Представим нить в виде отдельного тела, так что вместо двух тел, связанных весомой нитью, будем иметь три тела, связанных невесомыми нерастяжимыми нитями.

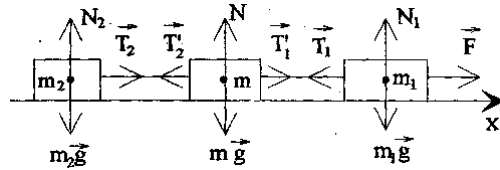


Рис.7

Выберем направление оси x так, как показано на рис.7. Тогда уравнения движения тела будут иметь вид:

$$\begin{aligned} m_2 a_2 &= T_2, \\ m a &= T_1' - T_2', \\ m_1 a_1 &= F - T_1. \end{aligned}$$

Нерастяжимость нитей, связывающих тела, означает, что смещение всех тел одинаково:

$$\Delta x_2 = \Delta x = \Delta x_1.$$

Одинаковы и ускорения:

$$a_2 = a = a_1$$

В силу третьего закона Ньютона (в переформулированной задаче нити невесомы):

$$T_2 = T_2'; \quad T_1 = T_1'. \quad (3)$$

Складывая уравнения (1) с учетом (2) и (3), получим

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2 + m}, \quad (4)$$

а силы T_2 и T_1 равны:

$$T_2 = m_2 a = \frac{m_2}{m_1 + m_2 + m} F, \quad (5)$$

$$T_1 = m a + T_2 = (m_2 + m) a = \frac{m_2 + m}{m_1 + m_2 + m} F. \quad (6)$$

Из формул (5) и (6) следует, что силы T_1 и T_2 , действующие на тела со стороны невесомой нити, не равны, и это приводит к нарушению третьего закона Ньютона. Все дело в том, что в случае весомой нити, связывающей тела, эти тела непосредственно друг с другом не взаимодействуют (между ними - весомая нить). Если же масса нити равна нулю, то $T_2 = T_1$, а нить играет роль посредника, передающего без изменения величины воздействия одного тела на другое. Именно это и имеют в виду, когда говорят, что тела связаны невесомой нитью, и при их взаимодействии выполняется третий закон Ньютона.

Задача 2.

На гладкой горизонтальной плоскости расположены два тела с массами m_1 и m_2 , связанные перекинутой через блок невесомой нерастяжимой нитью между собой и телом массой m (рис.8).

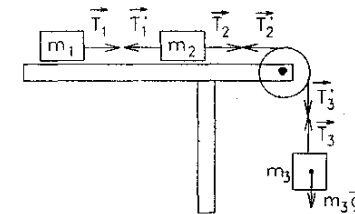


Рис.8

Найти ускорение тела массы m , натяжение нити между телами m_1 и m_2 , а также вес тела m_3 и блоком. Трением в блоке и массой блока пренебречь.

Решение.

Силы, действующие на тела вдоль направления их движения, изображены на рис.8. Так как другие силы не нужны нам при решении данной задачи, то они не изображены на рис.8. Тогда в проекции на направление движения тел можно записать:

$$\begin{aligned}
 m_1 a_1 &= T_1, \\
 m_2 a_2 &= T_2 - T_1', \\
 m_3 a_3 &= m_3 g - T_3'.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Вследствие нерастяжимости нити ускорения всех тел равны по величине

$$a_1 = a_2 = a_3 = a,$$

а вследствие третьего закона Ньютона равны величины сил $T_1 = T_1'$, $T_2 = T_2'$, $T_3 = T_3'$. Поскольку блок невесом и трения в блоке нет, значит не затрачивается усилие на раскрутку блока, что дает нам $T_3' = T_2'$ ($T_2 = T_2' = T_3 = T_3'$). Тогда система уравнений (1) примет вид:

$$\begin{aligned}
 m_1 a &= T_1, \\
 m_2 a &= T_2 - T_1, \\
 m_3 a &= m_3 g - T_2.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Складывая все три уравнения получим

$$(m_1 + m_2 + m_3)a = m_3 g.$$

Отсюда величина ускорения тел в системе (в том числе и m_1) равна

$$a = \frac{m_3 g}{m_1 + m_2 + m_3}.$$

Подставляя найденное значение ускорения a в первое из уравнений движения (2), найдем натяжение нити T_1 между телами m_1 и m_2 :

$$T_1 = m_1 a = \frac{m_1 m_3}{m_1 + m_2 + m_3} g.$$

Аналогично найдем силу T_3 :

$$T_3 = m_3 g - m_3 a = \frac{m_3 (m_1 + m_2)}{m_1 + m_2 + m_3} g.$$

Согласно третьему закону Ньютона сила T_3' , действующая на блок (подвес) равна силе T_3 , и равна весу тела m_3 .

Задача 3.

Однородная палочка массы m , концы которой могут скользить без трения

по горизонтальному полу и вертикальной стенке, удерживается в положении равновесия с помощью нити OA (рис.9). Чему равно натяжение нити OA ? Угол между палочкой и стенкой равен α .

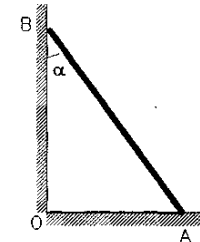


Рис.9

Решение. Рассмотрим все силы, действующие на палочку (рис.10).

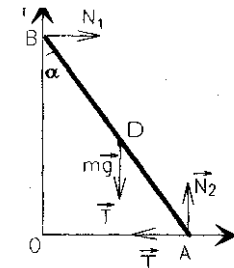


Рис.10

Поскольку палочка однородная, то сила тяжести mg приложена к ее середине (точка D). Так как трение по условию задачи отсутствует, то силы реакции стенки \vec{N}_1 и пола \vec{N}_2 могут быть только перпендикулярны к ним.

Натяжение нити T направлено вдоль нити. Начало координат поместим в точку O , а оси координат направим вдоль пола и стенки.

В проекции на оси X и Y условие равновесия (равенства нулю суммы проекций сил) записываются в виде:

$$OX: N_1 - T = 0, \tag{1}$$

$$OY: N_2 - mg = 0. \tag{2}$$

Сумма моментов всех сил при равновесии относительно оси, проходящей через любую точку, должна быть равна нулю. Для определенности возьмем

точку O . Длину палочки примем равной l . Тогда условие равновесия (для моментов сил) запишется в виде:

$$N_1 l \cos \alpha + mg \frac{l}{2} \sin \alpha = N_2 l \sin \alpha \quad (3)$$

Из уравнений (1), (2), (3), получим величину силы натяжения нити T :

$$T = \frac{mg}{2} \operatorname{tg} \alpha .$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меледин Г.В. *Физика в задачах. Экзаменационные задачи с решениями.* – М.: Просвещение, 1994.
2. *Элементарный учебник физики* /Под. Ред. Г.С.Ландсберга. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – ТТ.1-3.
3. Кабардин О.Ф. *Физика. Справочные материалы: Учебное пособие для учащихся.* – М.: Просвещение, 1991.
4. Перельман Я.И. *Занимательная физика.* – М.: Наука, Кн. 1-2.

Физика: Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Статика
Учебно-методическая часть
Модуль № 3 для 9 класса

Составитель: Виктор Иванович Гурков

Редактор: О.Ф.Александрова
Корректурa автора

Подписано в печать

Формат 60x84/16.

Бумага газетная.

Печать ризографическая.

Усл. печ. л. 1,3.

Тиражируется на электронных носителях

Адрес в Internet: zensh.ru/resources

Отдел информационных ресурсов управления информатизации КрасГУ

660041 г. Красноярск, пр. Свободный, 79, ауд. 22-05, e-mail: info@lan.krasu.ru

Издательский центр Красноярского государственного университета

660041 г. Красноярск, пр. Свободный, 79, e-mail: rio@lan.krasu.ru