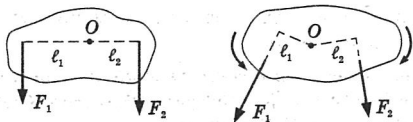


ПОЛЕЗНЫЕ СОВЕТЫ ПО СТАТИКЕ

При решении задач по темам «Кинематика» и «Динамика» ты пользовался моделью «материальная точка». Это освобождало тебя от необходимости задумываться над тем, в каком месте приложены действующие на тело силы. Если же ты решаешь задачу по теме «Статика», придется перейти к другой модели — «абсолютно твердое тело». В данном случае от точки приложения силы будет зависеть создаваемый ею относительно возможной оси вращения вращающий момент. Поэтому придется вспомнить, где возникают те или иные силы и к чему они приложены.



$$F_1 l_1 = F_2 l_2, \ell — \text{плечо силы}$$

$$M = F\ell — \text{момент силы}$$

Плечо силы — это кратчайшее расстояние между предполагаемой осью вращения и линией, вдоль которой действует сила, то есть **перпендикуляр**. Поскольку действие силы может вызывать вращение как по часовой, так и против часовой стрелки, момент силы, соответственно, будет либо отрицательный, либо положительный.

Сразу договоримся, что под равновесием в «Статике» мы будем понимать состояние покоя относительно инерциальной системы отсчета. То есть, тело не должно участвовать ни в поступательном, ни во вращательном движении. Отсюда и два условия равновесия, каждое из которых является необходимым, но не достаточным.

Возможность поступательного движения исключается условием равенства нулю равнодействующей силы:

$$\sum \vec{F}_i = 0 \text{ (векторная сумма)}$$

Возможность вращательного движения исключается условием равенства нулю суммарного вращающего момента:

$$\sum M_i = 0 \text{ (скалярная сумма)}$$

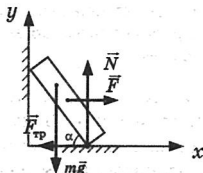
При решении задач иногда оказывается достаточным использование только первого условия, иногда только второго, иногда и первого, и второго одновременно. Общий алгоритм решения рассмотрим на конкретном примере:

К стенке прислонена лестница массой 30 кг. Центр тяжести лестницы находится на расстоянии $1/3$ длины от ее верхнего конца. Какую горизонтальную силу нужно приложить в середине лестницы, чтобы верхний конец ее не оказывал давления на стенку? Угол между лестницей и стенкой 45° .

1. Убедись, что в задаче рассматривается объект, находящийся в покое относительно инерциальной системы отсчета, и он может быть описан с помощью модели «абсолютно твердое тело».

Лестница находится в покое относительно инерциальной CO , связанной с Землей. Для решения задачи рассматриваем лестницу как абсолютно твердое тело.

2. Сделай рисунок, изобрази все силы, действующие на рассматриваемое в задаче тело со стороны других. Учти точки приложения сил.



3. Проведи удобные для данной задачи оси координат. Напиши первое условие равновесия (2 закон Ньютона) в векторном виде и в проекциях на координатные оси.

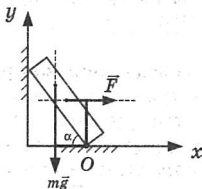
При выполнении рисунка учтем, что лестница не давит на вертикальную стенку, соответственно, равны нулю сила трения покоя и сила реакции опоры со стороны вертикальной стенки. Учтем, что сила тяжести приложена на высоте $2/3$ от нижнего края стенки.

$$\vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + m\vec{g} = 0$$

В проекциях:

$$F - F_{\text{тр}} = 0, \quad N - mg = 0$$

4. Определись с выбором возможной оси вращения. Выдели на рисунке линии действия сил и их плечи относительно оси вращения. Напиши второе условие равновесия (правило моментов) применительно к данной задаче.



Центр вращения выбираем, исходя из того, чтобы момент сил, о которых ничего не известно, был равен нулю. Таким силами являются сила трения покоя и сила реакции опоры. Обозначим плечо силы тяжести d_1 , а плечо горизонтальной силы — d_2 . На рисунке видно, что

$$d_1 = \frac{2}{3} \ell \cos \alpha; \quad d_2 = \frac{1}{2} \ell \sin \alpha$$

Тогда, правило моментов выглядит так:

$$\frac{2}{3} mgl \cos \alpha - \frac{1}{2} F \ell \sin \alpha = 0$$

5. Из написанных уравнений выбери те, которых оказывается достаточно для решения задачи.

Очевидно, что для ответа на поставленный в задаче вопрос достаточно воспользоваться правилом моментов.

6. Реши получившуюся систему уравнений относительно неизвестных величин.

Если учесть, что $\cos \alpha = \sin \alpha$, получим:

$$F = \frac{4}{3} mg = 400 \text{ Н}$$

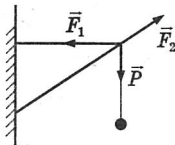
7. Проведи действия с наименованиями, проверь численное значение ответа на «здравый смысл».

$$[F] = [\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2] = [\text{Н}]$$

Следует отметить, что если в этой задаче будет поставлен вопрос о силе трения покоя или силе реакции опоры, то одного правила моментов будет недостаточно.

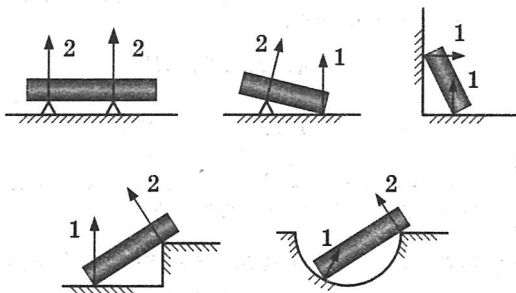
- › При решении ряда задач полезно рассматривать равновесие некоторого «узла». Это касается, прежде всего, задач, в которых рассматриваются системы подвесов. В этих задачах часто фигурируют силы упругости. Вспомним, что они всегда направлены в сторону, противоположную направлению деформации. После того, как все силы нарисованы, полезно проверить себя: рисунок должен быть таким, чтобы равнодействующая сила в принципе могла быть равной нулю.

Например: фонарь подвешен к двум стержням, прикрепленным к стене.

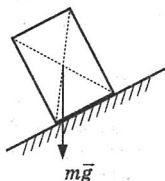


В этом случае рассматриваются силы, действующие в точке подвеса фонаря к стержням. Ее и рассматриваем в качестве «узла». В данном случае верхний стержень растягивается, а нижний сжимается.

- › При расстановке сил реакции опоры полезно руководствоваться следующим правилом: если тело опирается на опору одной своей точкой, то сила реакции опоры перпендикулярна опоре (1); если тело протяженное, а опора точечная, то сила реакции опоры перпендикулярна поверхности протяженного тела (2).



- › При решении задач, где рассматривается **равновесие тела на опоре**, полезно вспомнить, что тело будет находиться в равновесии до тех пор, пока линия действия силы тяжести проходит через опору.

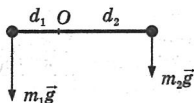


На рисунке изображен пограничный момент между равновесием и переворотом.

- › При решении задач на **определение местоположения центра тяжести** можно идти несколькими путями: исходя из физического смысла, по формуле, и графически. Выбор пути диктуется конкретной задачей.

Первый путь опирается на следующее рассуждение: если тело можно разделить на части, для каждой из которых известно местоположение центра тяжести, то суммарный вращающий момент, создаваемый силами тяжести, действующими на выделенные части тела, равен нулю.

Например: два шара массами m_1 и m_2 закреплены на невесомом стержне длиной d .



Положение центра тяжести системы O можно найти, записав правило моментов: $m_1gd_1 - m_2g(d - d_1) = 0$.

Второй путь основан на применении общей формулы:

$$x = \frac{\sum_i x_i m_i}{\sum_i m_i}$$

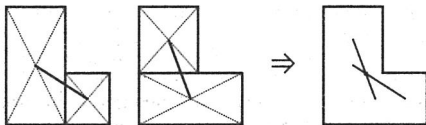
В этом случае примем первый шар за тело отсчета.

Тогда очевидно, что $x = d_1$.

Для этой задачи оба пути равноценны. Тем не менее, если шаров будет много, первый способ может оказаться более трудоемким.

Третий путь применяется в случае, если тело можно делить на части с заранее известными положениями центров тяжести разными способами. Его применение основано на том, что **центр тяжести всей фигуры расположен на прямой, соединяющей центры тяжести ее частей.**

Например: на рисунке представлена фигура, которую разделили на части двумя способами. Для каждого варианта деления провели прямую, соединяющую центры тяжести получившихся частей.



Наложение получившихся прямых друг на друга даст точку пересечения, которая и является центром тяжести всей фигуры.