29.09.2026 3-МД-26 Физика Гаврилина О.О.

Составить конспект

Равновесие абсолютно твёрдых тел

Раздел механики, в котором изучаются условия равновесия абсолютно твёрдых тел, называется статикой.

В статике учитываются размеры и форма тел, в этом случае существенным является не только значение сил, но и положение точек их приложения.

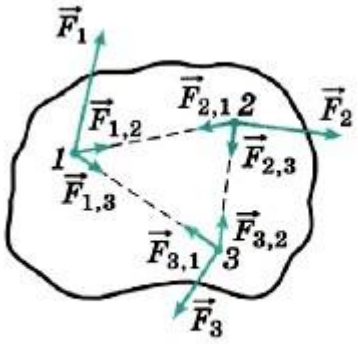


Рис. 7.1

Первое условие равновесия твёрдого тела.

Выясним, каким условиям должны удовлетворять внешние силы, приложенные к твёрдому телу, чтобы оно находилось в равновесии. Для этого сложим уравнения (7.1):

$$(\vec{F}1 + \vec{F}2 + \vec{F}3) + (\vec{F}'1 + \vec{F}'2 + \vec{F}'3) = 0.$$

В первых скобках этого равенства записана векторная сумма всех внешних сил, приложенных к телу, а во вторых — векторная сумма всех внутренних сил, действующих на элементы этого тела. Но, как известно, векторная сумма всех внутренних сил системы равна нулю, так как согласно третьему закону Ньютона любой внутренней силе соответствует сила, равная ей по модулю и противоположная по направлению. Поэтому в левой части последнего равенства останется только геометрическая сумма внешних сил, приложенных к телу:

$$\vec{F}1 + \vec{F}2 + \vec{F}3 + \ldots = 0. \qquad (7.2)$$

В случае абсолютно твёрдого тела условие (7.2) называют первым условием его равновесия.

Оно является необходимым, но не является достаточным.

Итак, **если твёрдое тело находится в равновесии, то геометрическая сумма внешних сил, приложенных к нему, равна нулю.**

Если сумма внешних сил равна нулю, то равна нулю и сумма проекций этих сил на оси координат. В частности, для проекций внешних сил на ось OX можно записать:

$$F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \ldots = 0. \qquad (7.3)$$

Такие же уравнения можно записать и для проекций сил на оси OY и OZ.

Второе условие равновесия твёрдого тела.

Если тело может вращаться относительно некоторой оси, то для его равновесия недостаточно равенства нулю равнодействующей всех сил. Вращающее действие силы зависит не только от ее

величины, но и от расстояния между линией действия силы и осью вращения. Длина перпендикуляра, проведенного от оси вращения до линии действия силы, называется **плечом силы**. **Плечо силы — это кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы.**

Для описания причин вызывающих вращения и условия равновесия тела в статике вводится новое понятие - **момент силы**. **Произведение модуля силы *F* на плечо *d* и называется** моментом силы ***M*. Таким образом момент силы в статике вычисляется по формуле:**

$$M = \pm Fd$$

Обычно в физике используется следующее правило знаков: если сила поворачивает тело по часовой стрелке, то ее момент считается положительным, а если против – то отрицательным. Момент силы может и равняться нулю, если сила проходит (сама или продолжением) через ось. Обратите внимание: если Вы перепутаете, и возьмете знаки моментов наоборот (по часовой стрелке со знаком минус, а против часовой со знаком плюс), то ничего страшного не произойдет. Поэтому, важно запомнить, что моменты сил, вращающих тело в различных направлениях относительно часовой стрелки, берутся с различными знаками.

Обратите внимание, что **момент силы зависит не только от величины силы, но и от ее плеча.** Следовательно, одно и то же значение момента можно получить двумя способами: взять большую силу и малое плечо или взять малую силу и большое плечо. Вывод: чем больше плечо, тем меньшую силу необходимо прилагать для получения одного и того же результата.

Правило моментов: тело, имеющее неподвижную ось вращения, находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов всех приложенных к телу сил относительно этой оси равна нулю:

$$M_1 + M_2 + M_3 + \ldots = 0.$$

$$\sum M = 0$$

При записи этого условия в ходе решения конкретной задачи по статике моменты сил необходимо записывать с учётом их знаков. **В Международной системе единиц (СИ) моменты сил измеряются в ньютоно-метрах (Н·м).**

Обратите внимание: **в общем случае, когда тело может двигаться поступательно и вращаться, для равновесия необходимо выполнение обоих условий: равенство нулю равнодействующей силы и равенство нулю суммы всех моментов**.

Если работа внешних сил равна нулю, то кинетическая энергия тела не изменяется (остаётся равной нулю) и тело остаётся неподвижным. Тогда

$$M_1 + M_2 + M_3 + \ldots = 0. \qquad (7.8)$$

Уравнение (7.8) и есть второе условие равновесия твёрдого тела.

При равновесии твёрдого тела сумма моментов всех внешних сил, действующих на него относительно любой оси, равна нулю.

Итак, в случае произвольного числа внешних сил условия равновесия абсолютно твёрдого тела следующие:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots = 0,$$

$$M_1 + M_2 + M_3 + \ldots = 0.$$

Данные условия являются необходимыми и достаточными для равновесия тела. Если они выполняются, то твердое тело находится в равновесии, так как сумма сил, действующих на каждый элемент этого тела, равна нулю.