Пара сил и ее действие на тело

Пара сил и ее действие на тело

- Две равные и параллельные силы, направленные в противоположные стороны и не лежащие на одной прямой, называются *парой сил*.

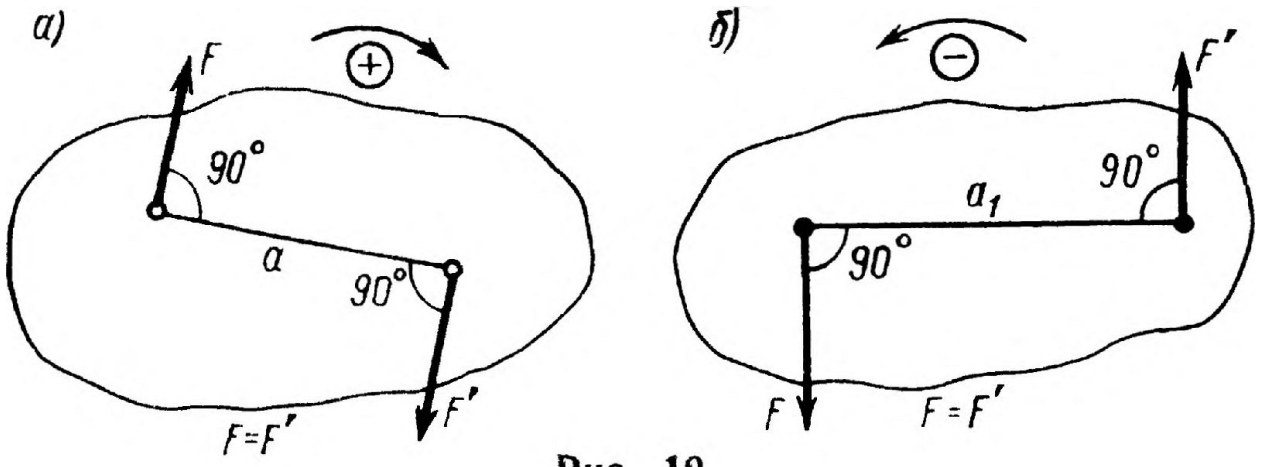


Рис. 19

Пара сил и ее действие на тело

- Сумма проекций пары сил на ось x и на ось *y* равна нулю ,поэтому *пара сил не имеет равнодействующей.*

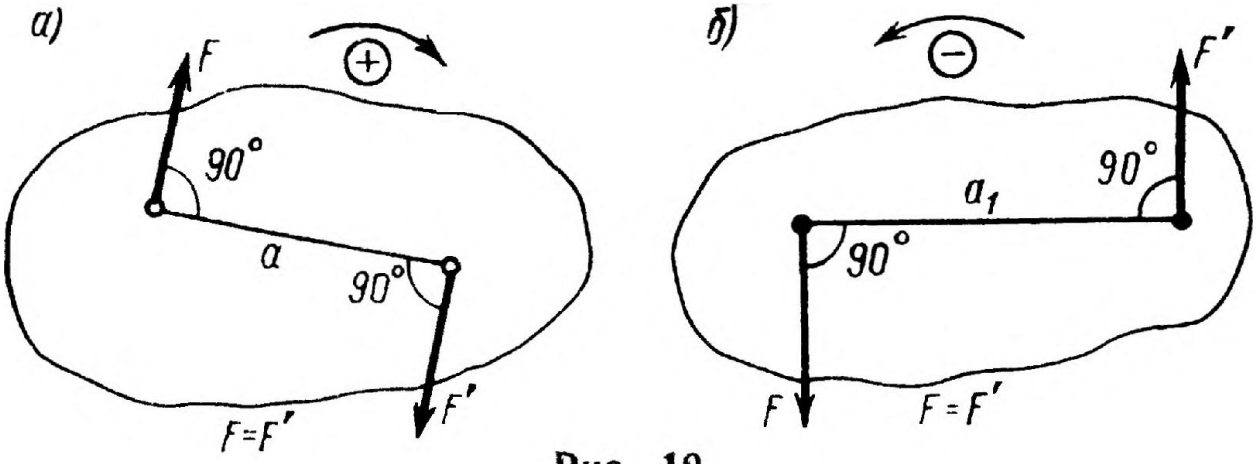


Рис. 19

Пара сил и ее действие на тело

Способность пары сил производить вращение определяется моментом пары, равным произведению силы на кратчайшее расстояние (взятое по перпендикуляру к силам) между линиями действия сил. Обозначим момент пары *M*, а кратчайшее расстояние между силами *a*, тогда абсолютное значение момента

$$M = Fa = Fa.$$

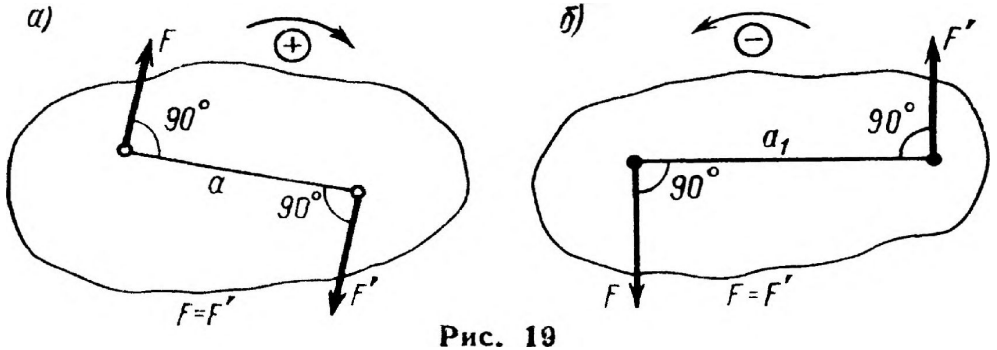


Рис. 19

Пара сил и ее действие на тело

$$M = Fa = Fa.$$

Кратчайшее расстояние между линиями действия сил называется *плечом пары*, поэтому можно сказать, что *момент пары сил по абсолютному значению равен произведению одной из сил на ее плечо*

Пара сил и ее действие на тело

Момент пары в СИ измеряется в ньютонометрах (Нм) или в единицах, кратных ньютонометру: кНм, МНм и т. д.

Пара сил и ее действие на тело

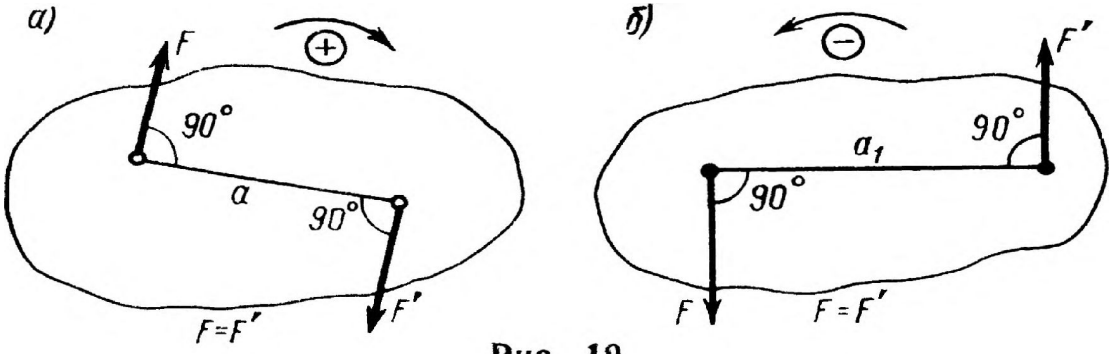


Рис. 19

Момент пары сил будем считать положительным, если пара стремится повернуть тело по направлению хода часовой стрелки (а), и отрицательным, если пара стремится вращать тело против хода часовой стрелки (рис. б). Принятое правило знаков для моментов пар условно: можно было бы принять противоположное правило

Эквивалентность пар

Две пары сил считаются эквивалентными в том случае, если после замены одной пары другой парой механическое состояние тела не изменяется, т. е. не изменяется движение тела или не нарушается его равновесие.

Эквивалентность пар

- Эффект действия пары сил на твердое тело не зависит от ее положения в плоскости. Таким образом, *пару сил можно переносить в плоскости ее действия в любое положение.*

Эквивалентность пар

Не нарушая состояния тела, можно как угодно изменять модули сил и плечо пары, только бы момент пары оставался неизменным

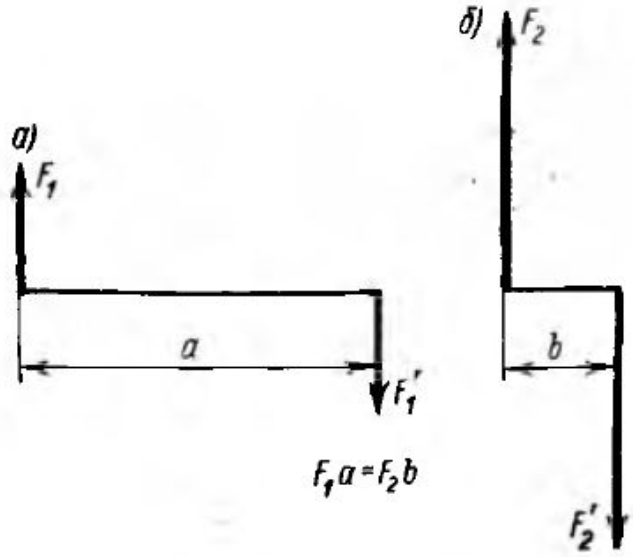
Эквивалентность пар

Заменим пару сил $\vec{F}_1\vec{F}_1'$ *с плечом a* (рис. а)

новой парой $\vec{F}_2\vec{F}_2'$ *с плечом b (рис. б) так, чтобы момент пары оставался тем же.*

Момент заданной пары си $M_1 = F_1 a.$

Момент новой пары сил $M_2 = F_2 b$



Эквивалентность пар

По определению пары сил эквивалентны, **т. е. производят одинаковое действие, если их моменты равны.**

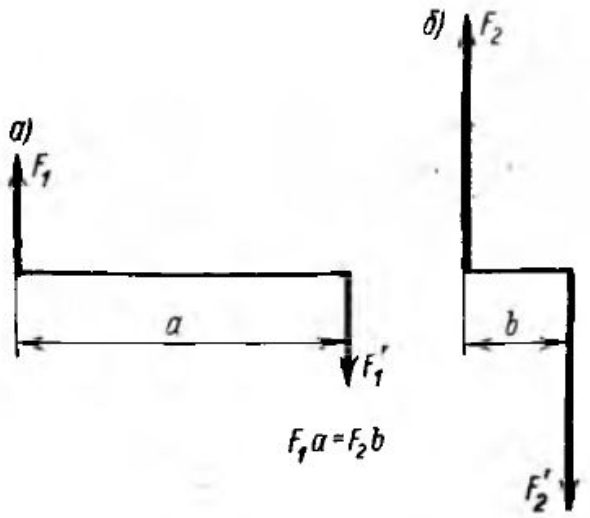
Если изменив значения сил и плечо новой пары, мы сохраним равенство их моментов

$$M_1 = M_2 \quad или \quad F_1 a = F_2 b$$

то состояние тела от такой замены не нарушится.

Итак, вместо заданной пар $\vec{F}_1\vec{F}_1'$ *с плечом* *a*

мы получили эквивалентную пару $\vec{F}_2\vec{F}_2'$ *с плечом* *b*



Сложение и равновесие пар сил на плоскости

Пара, заменяющая собой действие данных пар, называется *результирующей.*

Момент результирующей пары равен алгебраической сумме моментов составляющих пар.

Сложение и равновесие пар сил на плоскости

При произвольном числе слагаемых пар, лежащих в одной плоскости или параллельных плоскостях, момент результирующей пары определится по формуле

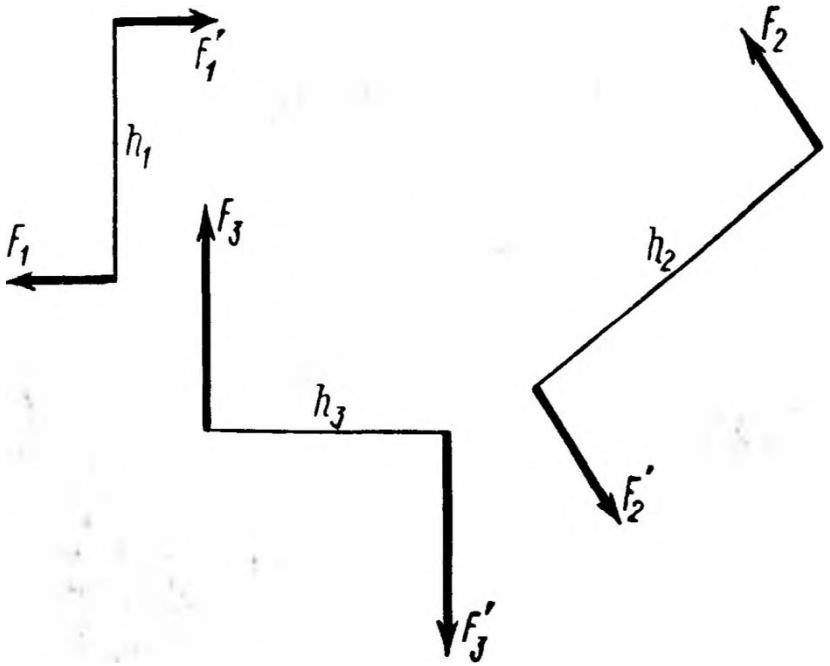
$$M = M_1 + M_2 + \cdots + M_n = \sum M_i,$$

Сложение и равновесие пар сил на плоскости

- *Для равновесия системы пар необходимо и достаточно, чтобы момент результирующей пары равнялся нулю или чтобы алгебраическая сумма моментов пар равнялась н*

$$M = \sum_{i=1}^{n} M_i = 0.$$

Задача



Определить момент результирующей пары, эквивалентной системе трех пар, лежащих в одной плоскости. Первая пара обр $F_1 = F_1' = 2$ кН

, имеет плечо h1= 1,25 м и действует по часовой стрелке; вторая пара образована силами F2 = F'2 = 3 кН, имеет плечо h2= 2м и действует против часовой стрелки; третья пара образована силами F3 = F'3 = 4,5 кН, имеет плечо h3 = 1,2 м и действует по часовой стрелке

Задача

Р е ш е н и е. Вычисляем моменты составляющих пар:

$$M_1 = F_1 h_1 = 2 \cdot 1{,}25 = 2{,}5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = -F_2 h_2 = -3 \cdot 2 = -6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

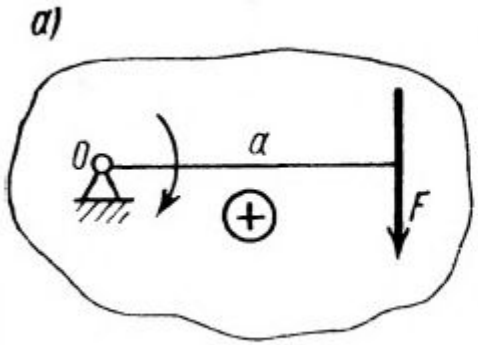
$$M_3 = F_3 h_3 = 4{,}5 \cdot 1{,}2 = 5{,}4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Для определения момента результирующей пары складываем алгебраически моменты заданных пар

$$M = \sum M_i = M_1 + M_2 + M_3 = 2{,}5 - 6 + 5{,}4 = 1{,}9 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

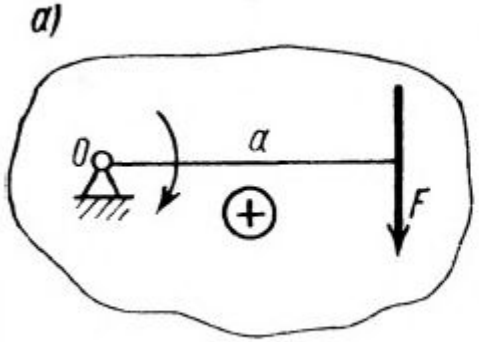
Момент силы относительно точки и оси

Момент силы относительно точки определяется произведением модуля силы на длину перпендикуляра, опущенного из точки на линию действия силы



Момент силы относительно точки и оси

При закреплении тела в точке О сила *F* *стремится поворачивать его вокруг этой точки. Точка О, относительно которой б*ерется момент, называется *центром момента, а длина перпендикуляра а — плечом силы относительно центра момента.*

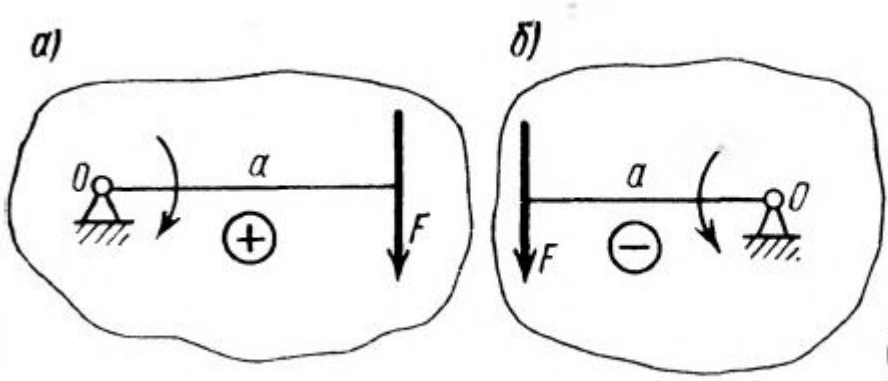


Момент силы *F относительно точки О определяется произведением силы на плечо*

Момент силы относительно точки и оси

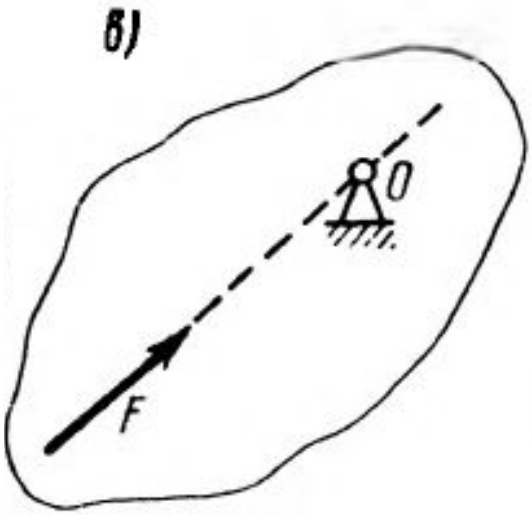
Измеряют моменты сил, как и моменты пар, в ньютонометрах (Н·м) или в соответствующих кратных и дольных единицах.

Момент принято считать положительным, если сила стремится вращать тело по часовой стрелке (рис. *а), а отрицательным — против часовой стрелки (рис. б).*



Момент силы относительно точки и оси

Когда линия действия силы проходит через данную точку, момент силы относительно этой точки равен нулю, так как в рассматриваемом случае плечо *a = 0 (рис. в).*



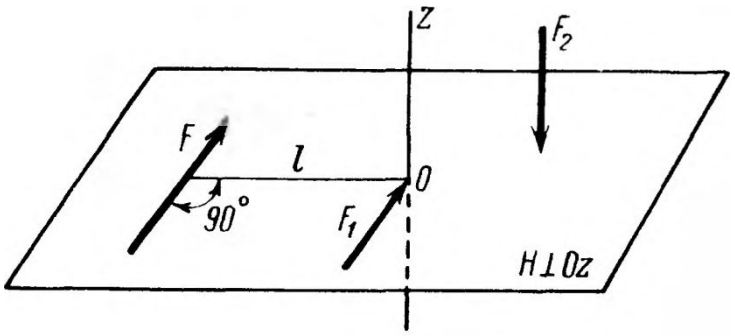
Момент силы относительно точки и оси

Между моментом пары и моментом силы есть одно существенное различие. Численное значение и направление момента пары сил не зависят от положения этой пары в плоскости.

Значение и направление (знак) момента силы зависят от положения точки, относительно которой определяется момент.

Момент силы относительно точки и оси

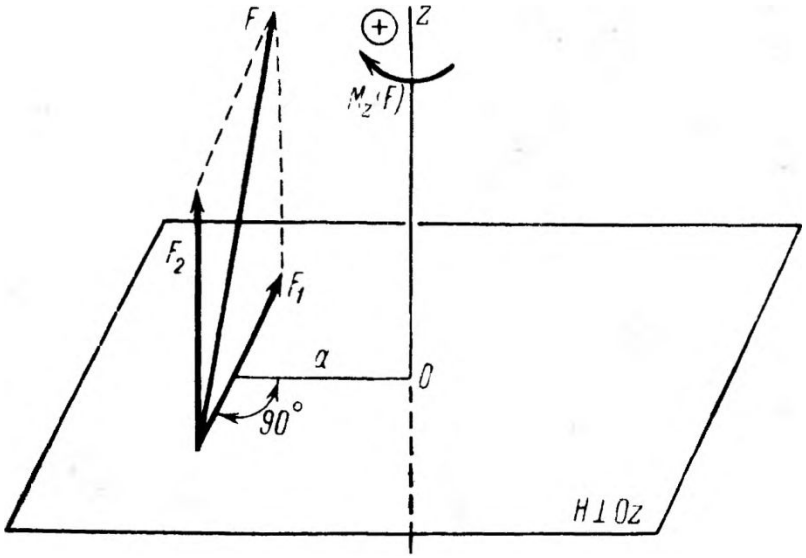
Из опыта известно, что ни сила F_1 , *линия действия* которой пересекает ось Oz, *ни сила* F_2, *параллельная оси, не смогут повернуть тело вокруг этой оси, т. е. не дают момента.*



Момент силы относительно точки и оси

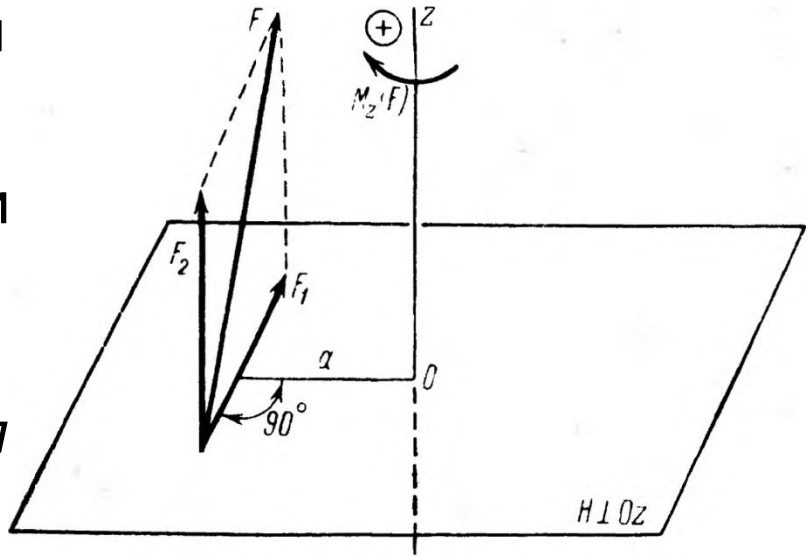
Пусть на тело в какой-то точке действует сила *F*. *Проведем плоскость H, перпендикулярную оси Oz и проходящую*

через начало вектора силы. Разложим заданную силу *F на две* составляющие: F_1 *расположенную в плоскости H, и* F_2, *параллельную оси Oz.*



Момент силы относительно точки и оси

Составляющая F_2, *параллельная оси Oz, момента относительно* этой оси не создает. Составляющая F_1 *действующая в плоскости H,* создает момент относительно оси *или, что то же самое, относительно* точки O. Момент силы F_1 *измеряется произведением модуля самой сил на длину a перпендикуляра, опущенного из точки O на направление этой силы, т. т.е.*



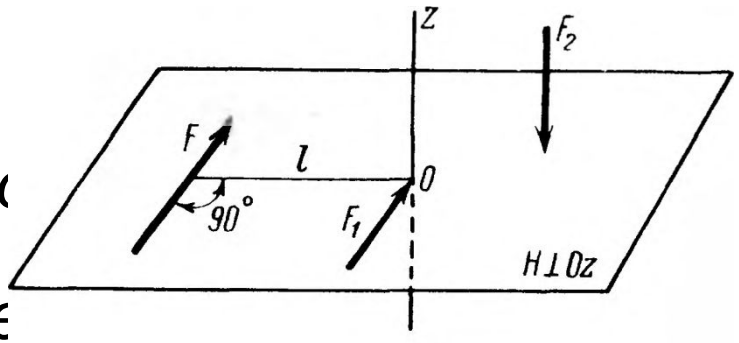
$$M_O(F) = F_1 a.$$

Момент силы относительно точки и оси

Знак момента по общему правилу определяется направлением вращения тела: плюс (+) — при движении по часовой стрелке, минус (—) — при движении против часовой стрелки.

Момент силы относительно точки и оси

Если сила *F расположена в плоскости H, перпендикулярно к оси Oz, момент этой силы определится произведением ее величины на плечо* ***l*** *относительно точки пересечения оси Oz и плоскости H:*



$$M_O(F) = Fl.$$

Момент силы относительно точки и оси

Для определения момента силы относительно оси нужно спроектировать силу на плоскость, перпендикулярную оси, и найти момент проекции силы относительно точки пересечения оси с этой плоскостью.

$$M_o(F) = Fl.$$