

***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*.

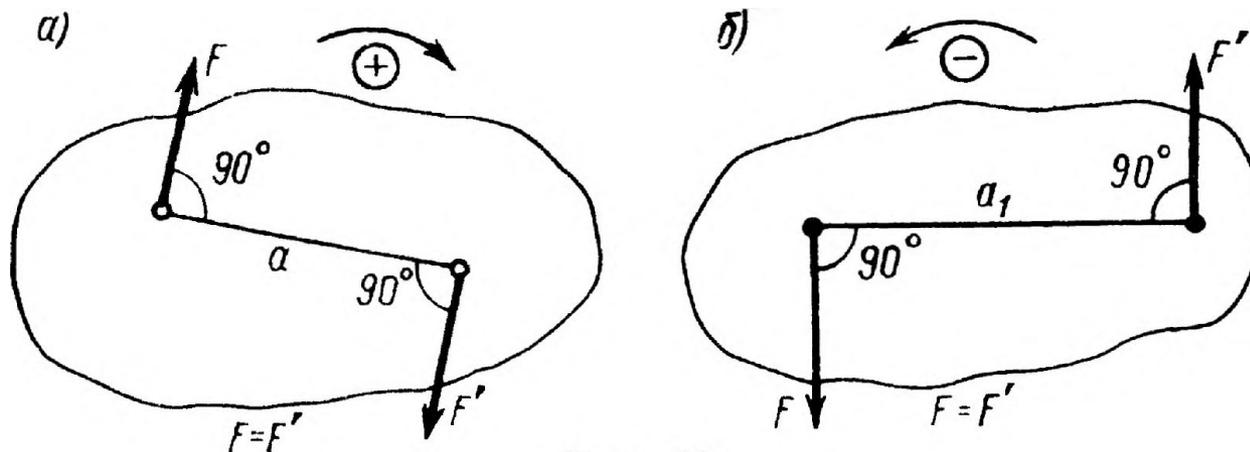


Рис. 19

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.

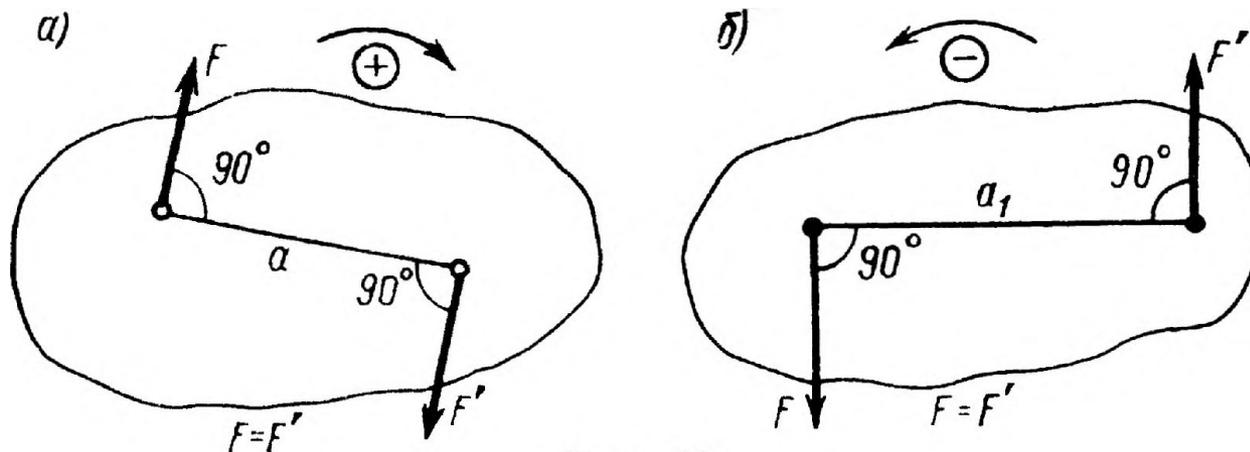


Рис. 19

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

$$M = Fa = Fa.$$

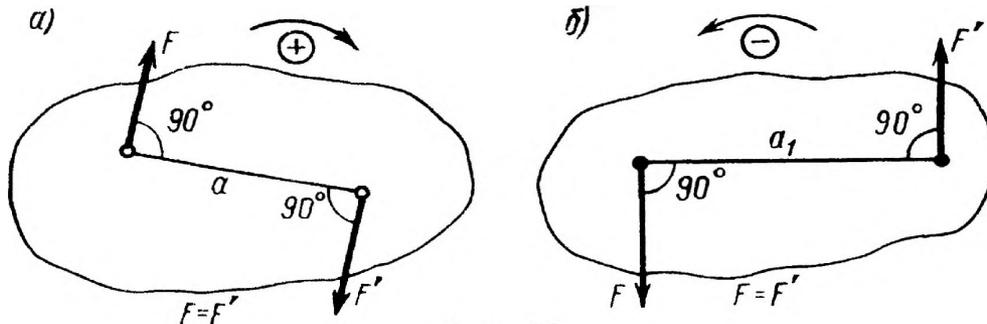


Рис. 19

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 ньютонметрах (Нм) или в единицах, кратных ньютонметру: кНм, МНм и т. д.

Пара сил и ее действие на тело

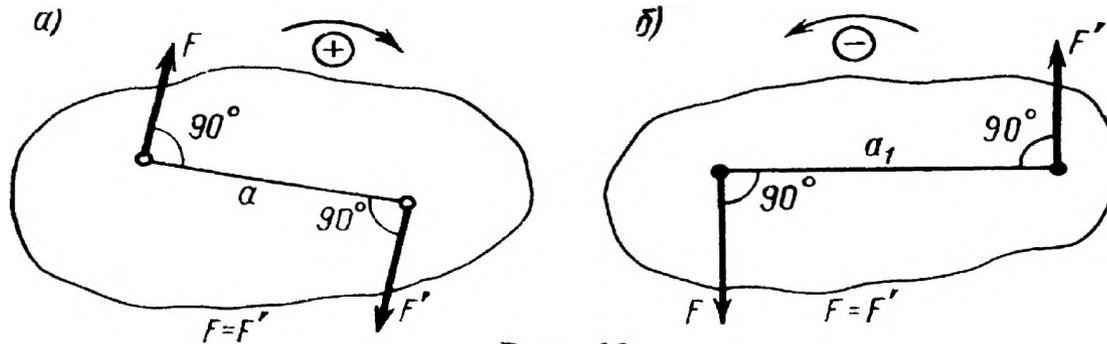


Рис. 19

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

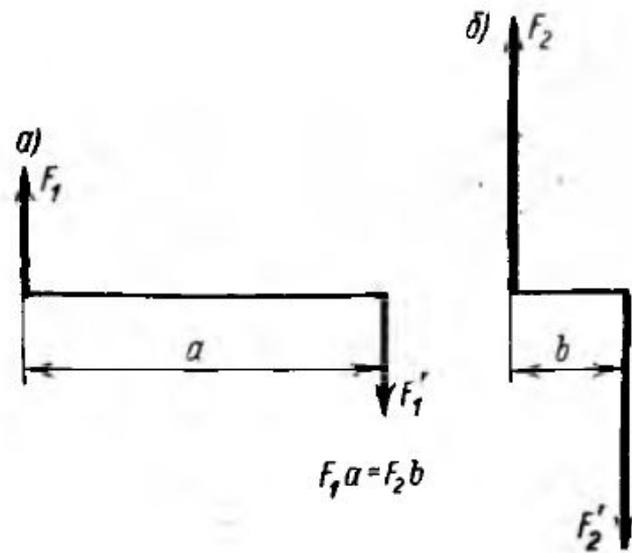
Эквивалентность пар

Заменяем 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 сил $M_1 = F_1a$.

Момент новой пары сил $M_2 = F_2b$.



Эквивалентность пар

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

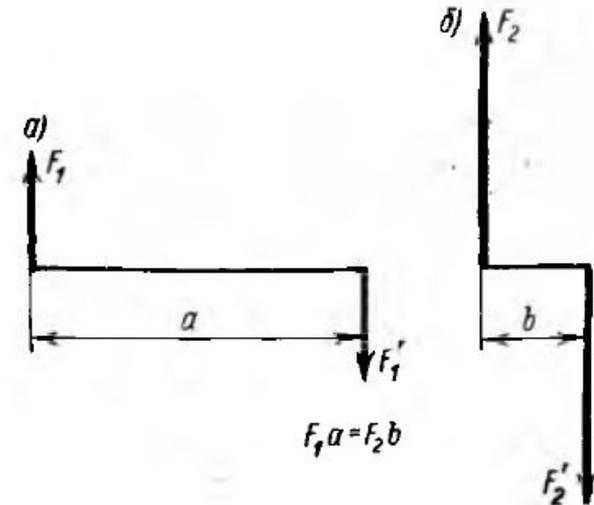
Если изменив значения сил и плечо новой пары, мы сохраним равенство их моментов

$$M_1 = M_2 \text{ или } F_1 a = F_2 b$$

то состояние тела от такой замены **не нарушится**.

Итак, вместо заданной пары $\vec{F}_1 \vec{F}'_1$ 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 *результатирующей*.

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

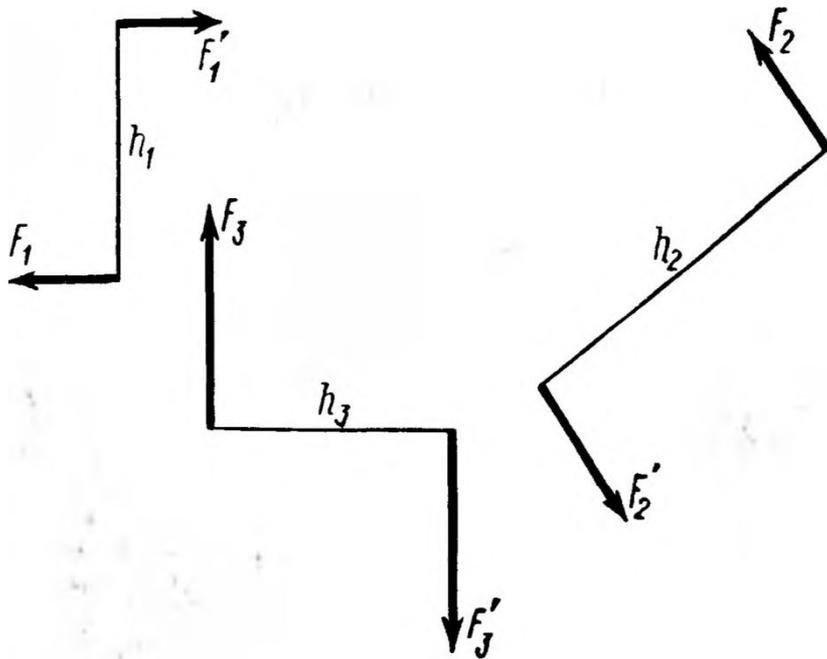
$$M = M_1 + M_2 + \dots + M_n = \sum M_i,$$

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 1

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

Задача



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

, имеет плечо $h_1 = 1,25$ м и действует по часовой стрелке; вторая пара образована силами $F_2 = F_2' = 3$ кН, имеет плечо $h_2 = 2$ м и действует против часовой стрелки; третья пара образована силами $F_3 = F_3' = 4,5$ кН, имеет плечо $h_3 = 1,2$ м и действует по часовой стрелке

Задача

Решение. Вычисляем моменты составляющих пар:

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

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

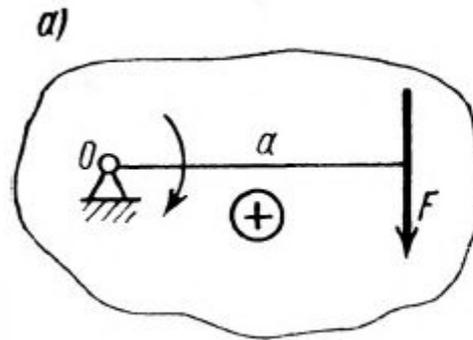
$$M_3 = F_3 h_3 = 4,5 \cdot 1,2 = 5,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

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

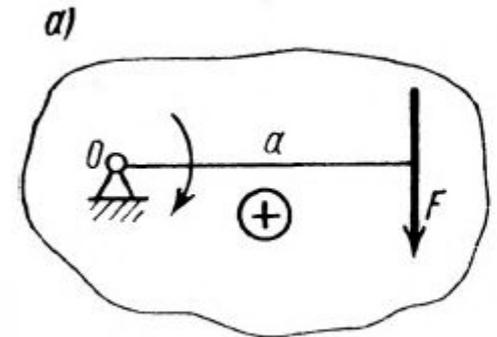
Момент силы относительно точки определяется произведением модуля силы на длину перпендикуляра, опущенного из точки на линию действия силы



Момент силы относительно точки и оси

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

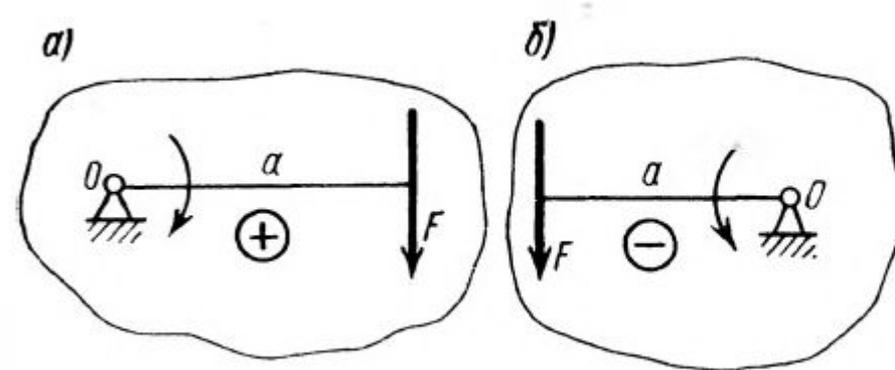
Момент силы F относительно точки O определяется произведением силы на плечо



Момент силы относительно точки и оси

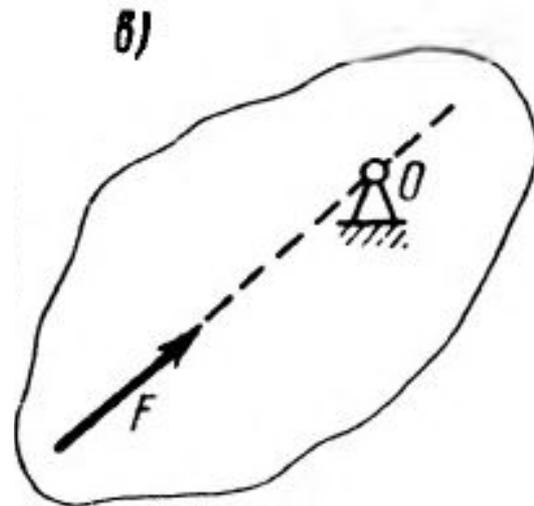
Измеряют **моменты сил**, как и моменты пар, в **ньютонометрах (Н·м)** или в соответствующих кратных и дольных единицах.

Момент принято считать **положительным**, если сил 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

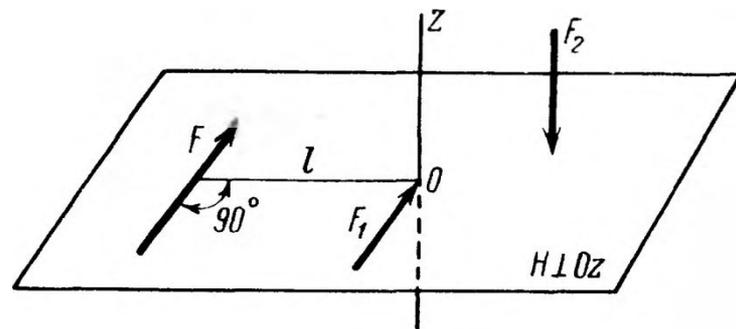
Между моментом пары и моментом силы есть одно существенное различие.

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.

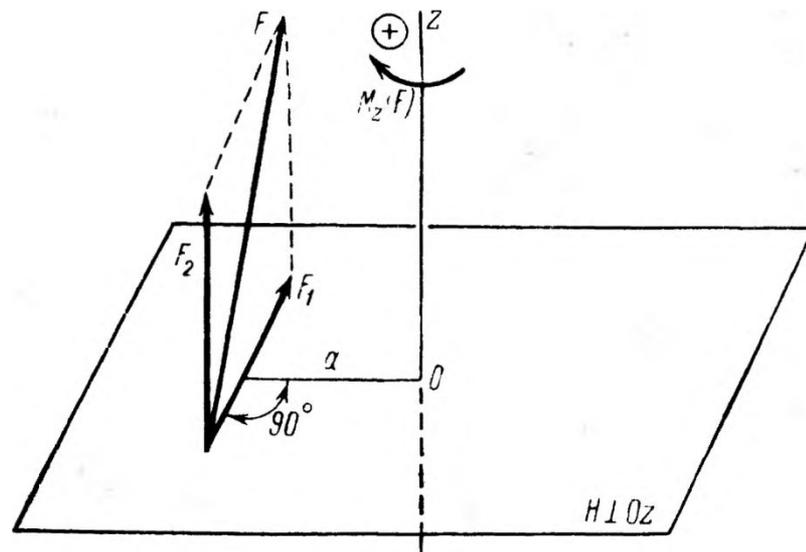
Момент силы относительно точки и оси

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.



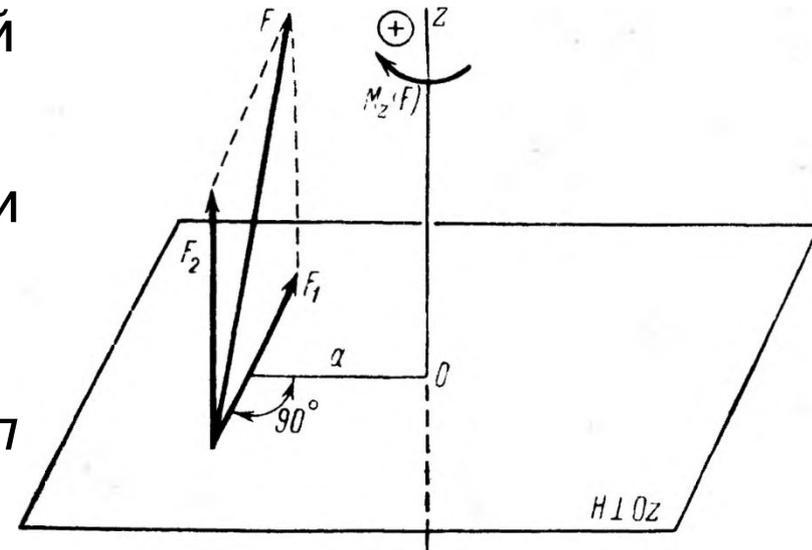
Момент силы относительно точки и оси

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.



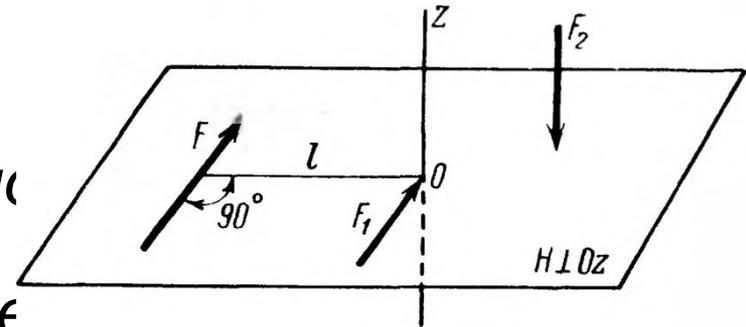
$$M_O(F) = F_1 a.$$

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 , перпендикулярной 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.

$$**M_o (F) = Fl.**$$