ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

профессор, д.т.н.

Файвисович Александр Викторович

профессор кафедры «Механика», к. 321

e-mail: faivisovich@nsma.ru

СТАТИКА

1. ВВЕДЕНИЕ В СТАТИКУ

1.1. Основные понятия и определения

Статикой называется раздел механики, в котором излагается общее учение о силах, и изучаются условия равновесия материальных тел и их систем

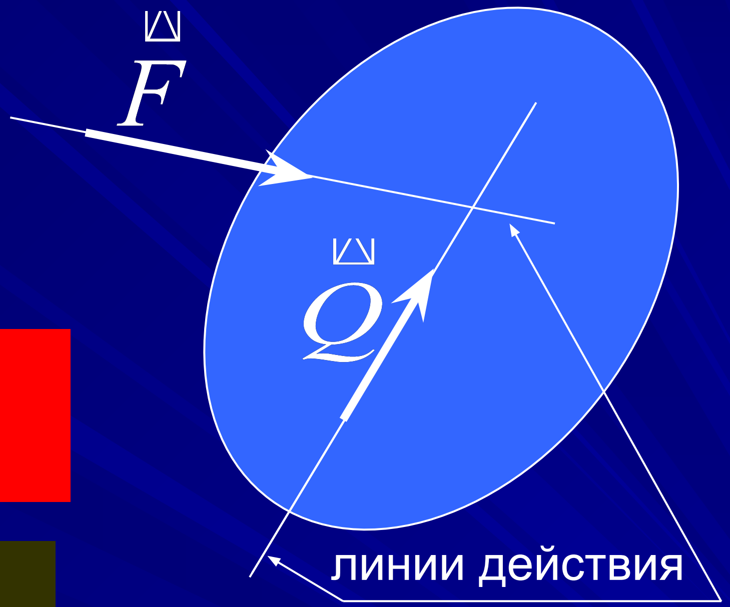
Под равновесием будем понимать состояние покоя тела относительно других неподвижных тел

Абсолютно твердое тело (АТТ) - тело, расстояние между любыми двумя точками которого остается неизменным

Свободным называется тело, которому из данного положения можно сообщить любое перемещение в пространстве

<u>Сила</u> - векторная величина, количественно характеризующая взаимодействие материальных тел

<u>Действие силы **характеризуется**</u>:
- **модулем** вектора [Н]
- **направлением** вектора, задаваемым линией действия



<u>Линия действия силы</u> *- прямая, проходящая через вектор силы*

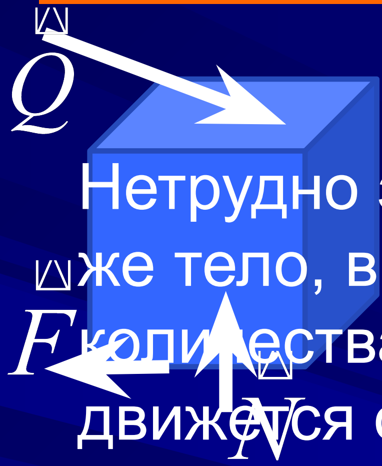
<u>Система сил</u> *- это некоторая совокупность сил, приложенных к одному и тому же АТТ*

На рисунке пример системы двух сил F и Q

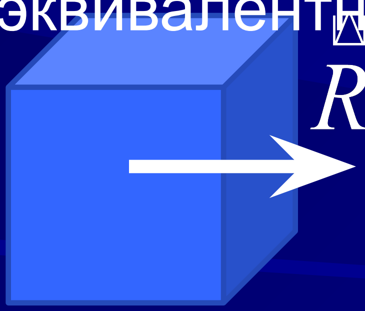
<u>Уравновешенной</u> (<u>эквивалентной нулю</u>) называется система, под действием которой свободное АТТ может находиться в равновесии

*Под **равновесием в статике** рассматривают **состояние покоя** тела*

Эквивалентными системами сил являются такие системы, действие которых на тело приводит к одинаковому результату



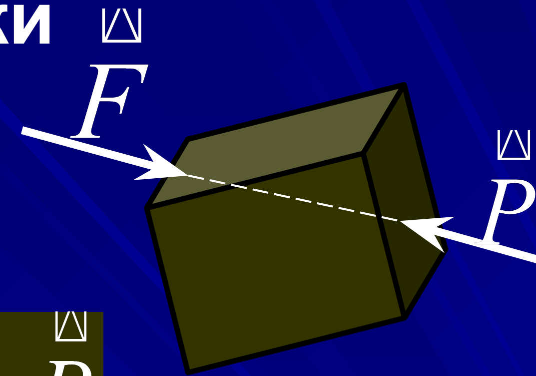
Нетрудно заметить, что одно и то же тело, вне зависимости от количества приложенных сил, движется одинаково.
Эти две системы можно считать эквивалентными.



Равнодействующей называется сила, эквивалентная по действию данной системе сил

$$\vec{R} = \vec{Q} + \vec{F} + \vec{N}$$

1.2. Аксиомы статики

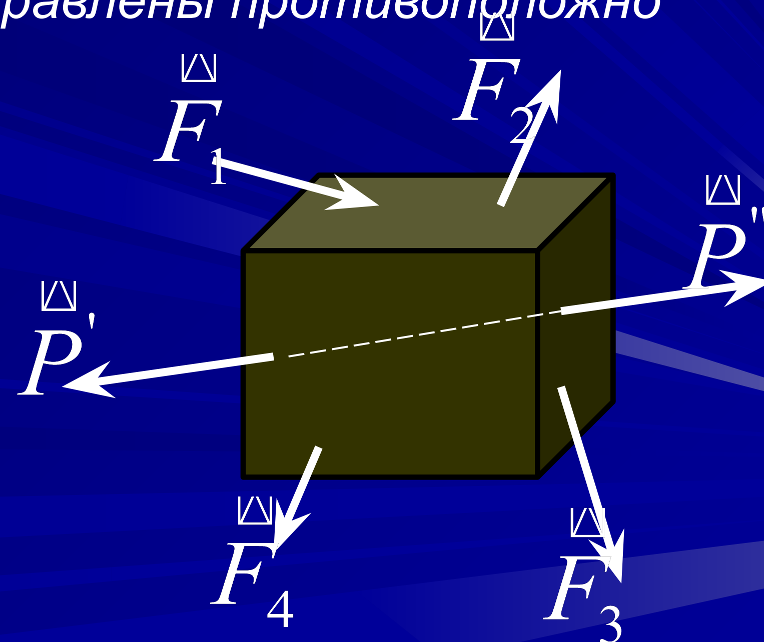


<u>Аксиома 1:</u> если на свободное АТТ действуют две силы, то тело может находиться в равновесии только тогда, когда эти силы равны по модулю, и направлены по одной и той же прямой в противоположные стороны

$$\vec{F} = -\vec{P}$$

В равенстве знак “=“ означает, что модули сил равны, т.е. F=P; а знак “-” означает, что векторы направлены противоположно

<u>Аксиома 2:</u> действие данной системы сил на АТТ не изменится, если к нему приложить или снять уравновешенную систему сил



Например , к системе из 4-х сил $\vec{F}_1 \dots \vec{F}_4$ приложить или снять две силы, $\vec{P}'$ и $\vec{P}''$, образующие уравновешенную систему сил, т.к.

$$\vec{P}' = -\vec{P}'' \Rightarrow \vec{P}' + \vec{P}'' = 0$$

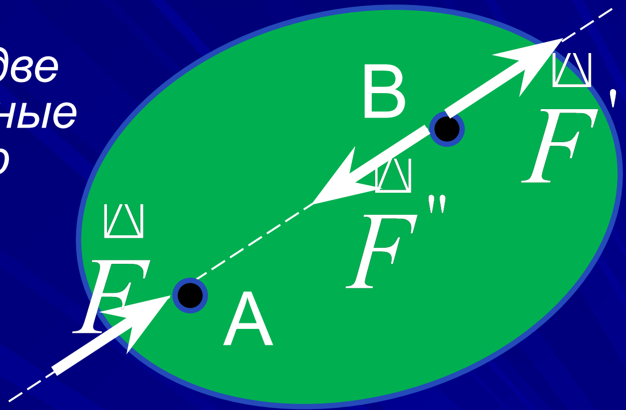
Следствие Аксиомы 2:

действие силы на АТТ не изменится, если ее точку приложения перенести вдоль линии действия силы

Доказательство

*Пусть силу F, приложенную в точке **A**, надо перенести в точку **B**, но так, чтоб ее действие на тело не изменилось.*

*1) Воспользуемся **Аксиомой 2** и приложим в точке **B** две одинаковые по модулю и противоположно направленные силы F' и F'', представляющие собой “уравновешенную систему сил”. Пусть модули двух новых сил равны модулю исходной силы F, т.е. $F'=F''=F$. В результате на тело действуют уже 3 одинаковых по модулю силы с общей линией действия.*

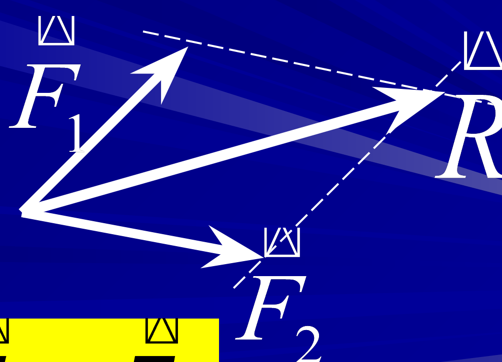


*2) Воспользуемся **Аксиомой 2** и снимем две силы F и F'', которые также образуют “уравновешенную систему сил”.*

*3) Оставшуюся силу F' можно рассматривать как силу F, т.к. их модули и направления совпадают, но приложенная уже в точке **B**, что и требовалось доказать.*

Аксиома 3 (параллелограмм сил):

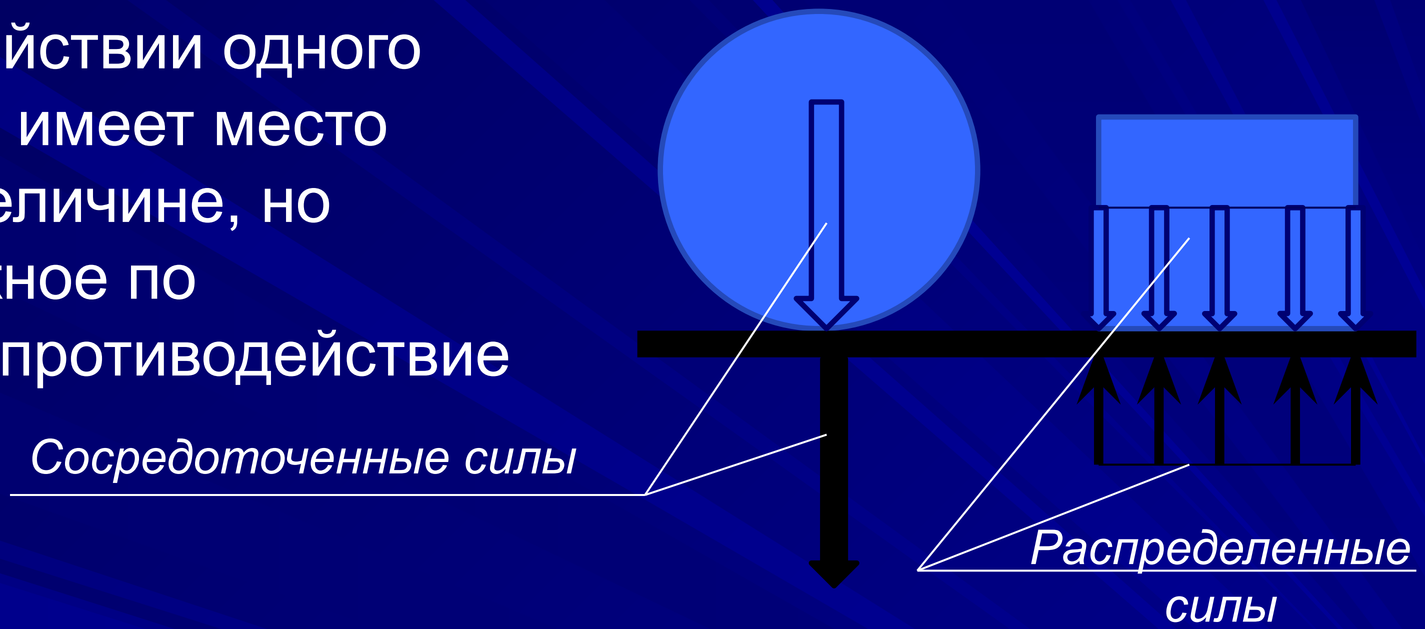
две силы, приложенные к телу в одной точке, имеют равнодействующую, приложенную в той же точке и изображаемую диагональю параллелограмма, построенного на этих силах, как на сторонах



$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

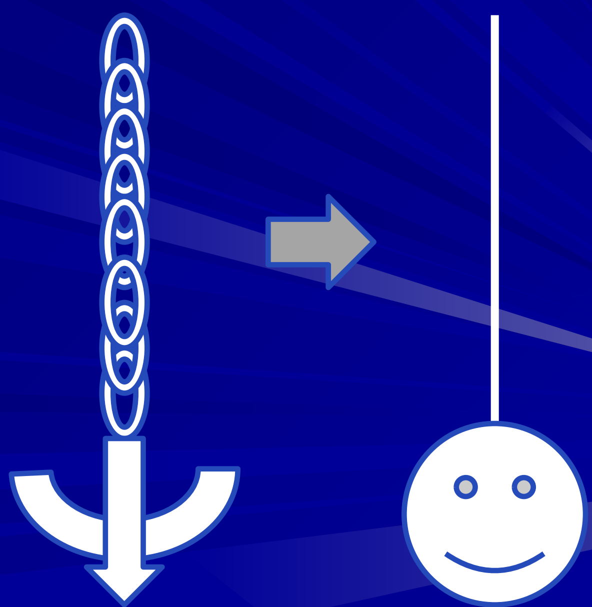
Аксиома 4:

при всяком действии одного АТТ на другое имеет место такое же по величине, но противоположное по направлению противодействие



Аксиома 5 (принцип отвердевания):

равновесие деформируемого или конструктивно изменяемого тела, находящегося под действием данной системы сил, не нарушится, если тело считать отвердевшим, т.е. АТТ



1.3. Связи и их реакции

В механике используют различные классификации сил. Начнем с классификации – деление всех сил на “силы активные” и “силы реакций”.

Связями называется все то, что ограничивает перемещение рассматриваемого тела в пространстве.

Силой реакции связи или просто реакцией связи называется сила, с которой данная связь действует на тело, препятствуя тем или иным его перемещениям.

Активные силы – это силы, не являющиеся реакциями связей.

*Возникает вопрос “ **для чего нам нужно вводить эту классификацию?**” Ответ связан понятием “свободное тело”, т.е. тело, которому из данного положения можно задать любое перемещение в пространстве. Для таких тел получены уравнения равновесия. Далеко не все тела являются свободными. Поэтому возникает вопрос: ”**Как для несвободного тела записать уравнения равновесия?**”, другими словами: как решить основную задачу статики?*

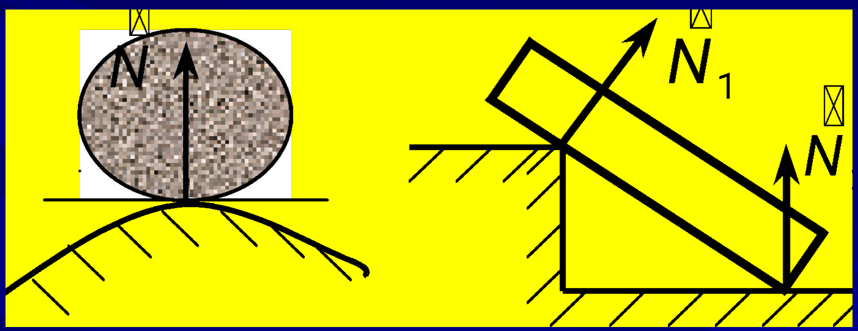
*Ответ на этот ключевой вопрос дает **Аксиома связей** или еще ее называют:*

принцип освобождаемости от связей: всякое несвободное тело можно рассматривать как свободное, если отбросить связи и заменить их действие соответствующими реакциями связей.

В соответствие с Аксиомой (принципом) связей, при рассмотрении равновесия несвободного тела надо вместо самих связей приложить соответствующие реакции. Т. о. нам следует понять какие силы реакций надо прикладывать, отбрасывая ту или иную связь.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся связи.

1. Гладкая плоскость или опора

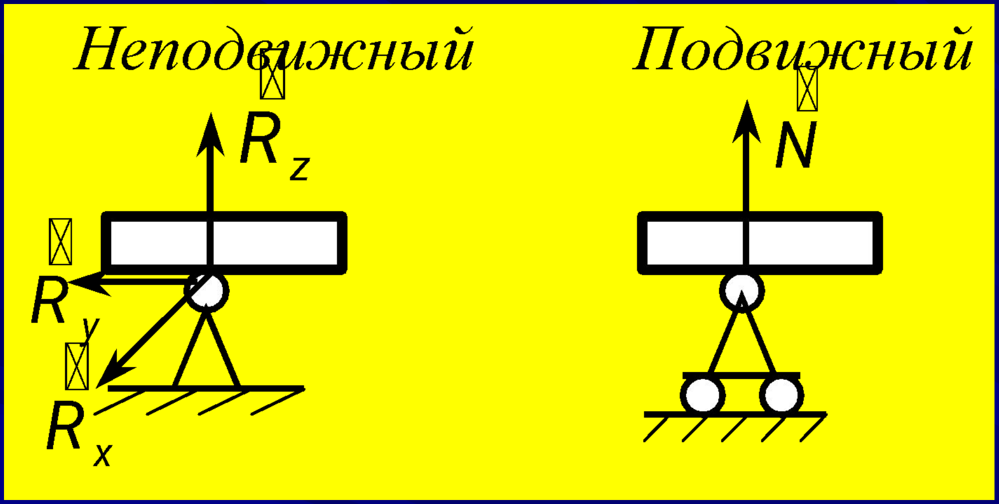


В обоих случаях реакция ***N*** *направлена нормально: в первом случае – к касатель-ной в точке касания тел; во втором, в точках соприкосновения бруса со сту-пеньками, - к прямой, сопрягающейся с уголком .*

2. Нить, стержень

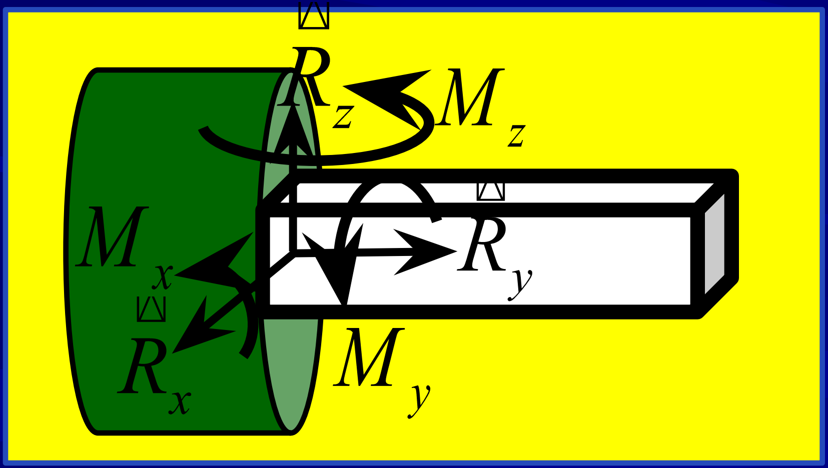
В обоих случаях линии действия реакций ***T*** *или* ***N*** *совпадают с самими связями, нитью и стержнем. Отличие заключается в том, что нить может “работать” толькона растяжение, а стержень “работает” как на растяжение, так и на сжатие.*

3. Шарниры



"Неподвижный" шарнир ограничивает линейные перемещения бруса по всем трем независимым направлениям: x, y, z; но не запрещает угловые перемещения относительно тех же осей.
"Подвижный" шарнир ограничивает только линейное перемещение, нормальное площадке, по которой может катиться опора.

4. Заделка



"Заделка" является наиболее "жесткой" связью, которая ограничивает все шесть возможных независимых перемещений сечения : 3 линейных и 3 угловых. Отбрасывая заделку, мы должны ее заменить тремя составляющими силы реакции: R_x R_y R_z и тремя составляющими момента: M_x M_y M_z