

+

×

—

÷

§1. Равновесие Силы

Работаем с АТТ!

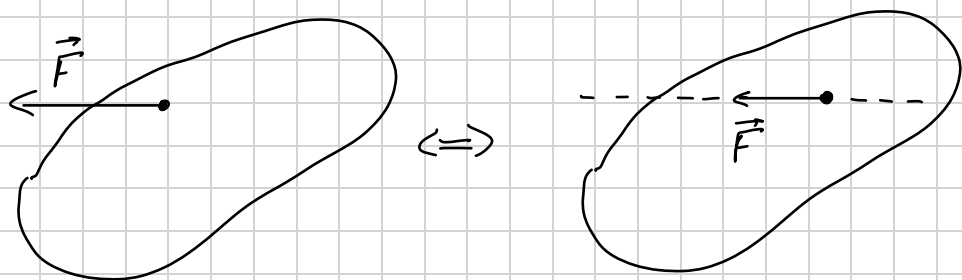
Опр Положением равновесия системы назовем такое ее положение, в котором она может находиться бесконечно долго, будучи помещенной в него с нулевой начальной скоростью.

- Отметим, что сила характеризуется не только модулем и направлением, но и точкой приложения — при изм. т. ки приложения характер движения тела может сильно измениться

все силы, действ. на тело

Опр Две системы сил, действующие на тело в совокупности с точками их приложения наз. эквивалентными, если они вызывают одно и то же движение

Пример: 1. Точку приложения силы можно переносить по линии ее действия в любую т-ку тв. тела

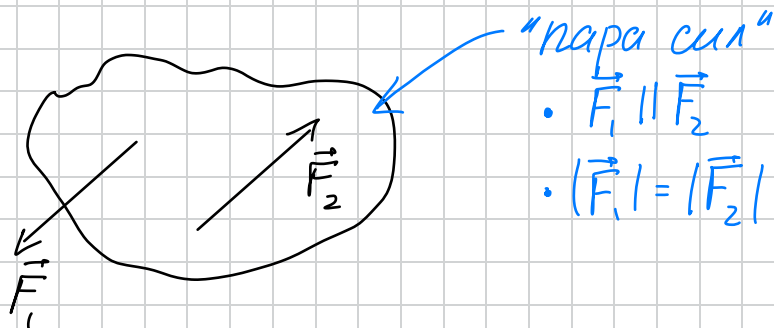


2. Две силы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , приложенные в одной точке тела и направленные под углом друг к другу, оказывают на тело такое же воздействие, как и одна сила $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$, приложенная в той же точке

Опр Если существует точка приложения O и сила \vec{R} , такая что $\{F_i, r_i\} \sim \{\vec{R}, O\}$, то \vec{R} - равнодействующая

система сил в совокупности с т-ками прилож. эквивалентна

Замечание: Равнодействующая сила не всегда существует



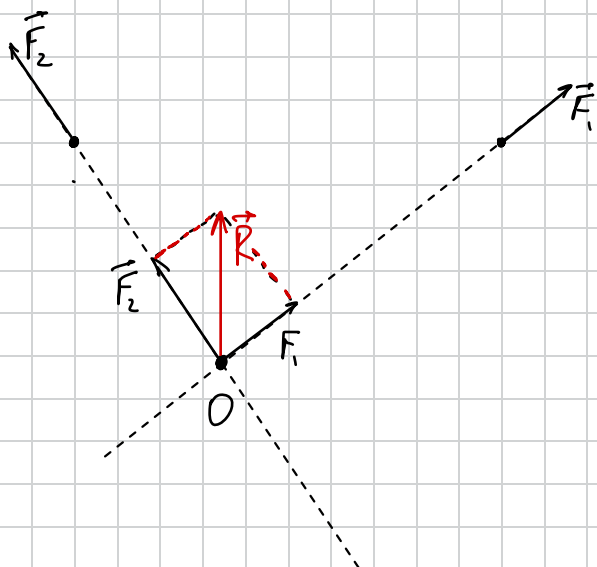
"пара сил"

- $\vec{F}_1 \parallel \vec{F}_2$
- $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$

Как найти равнодействующую?

Нужно не просто сложить все силы, но и найти т-ку приложения равнодействующей!

1. Для двух сил

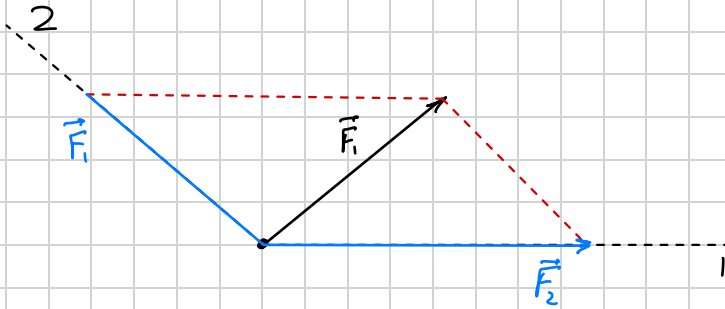


\vec{R} - равнодействующая
 O - т-ка приложения

2. Для сил > 2

Складываем 2 $\Rightarrow \vec{R}_1 \Rightarrow \vec{R}$ складываем с еще одной и т.д.

3. Что делать, если мы хотим заменить одну силу эквивалентной системой? — разложение силы



§2. Равновесие мат. т-ки и тела без вращения

1. Мат. точка

УТВ: Мат. точка находится в равновесии \Rightarrow

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

векторная сумма всех сил, действующих на мат. точку

Верно ли обратное?



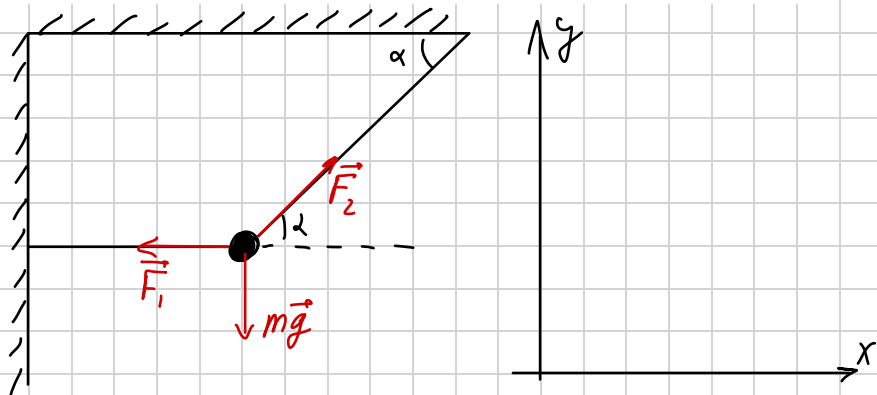
$$m\vec{a} = \sum_i \vec{F}_i$$

$$\text{Равновесие} \Rightarrow \vec{a} = 0 \Rightarrow \sum \vec{F}_i = 0$$



Пример:

Задача 1. Шар массой $m = 0,2$ кг удерживается двумя нитями, прикрепленными к потолку и стене (рис. 3). Одна нить горизонтальна, другая составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с потолком. Найти силы натяжения нитей.



1) Условие равновесия

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + m\vec{g} = 0$$

2) Проецируем на оси O_x и O_y :

$$\begin{cases} F_2 \cos \alpha = F_1 \\ F_2 \sin \alpha = mg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_1 = \frac{mg}{\sqrt{3}} \approx 1,1 \text{ Н} \\ F_2 = \frac{2mg}{\sqrt{3}} \approx 2,2 \text{ Н} \end{cases}$$

Замечание: 1. Можно записывать векторное равенство не только в проекциях на взаимно перп. оси (но и расположенные под углом)

2. Выбирайте оси из соображений удобства (учитывая вопрос задачи)

2. Твердое тело без вращения

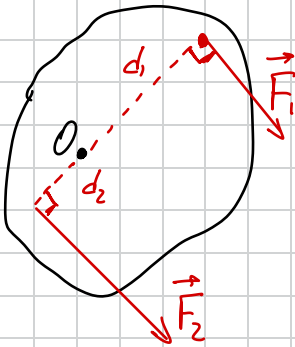
Утв. Тв. тело находится в равновесии \Rightarrow

$$\Rightarrow \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

▲ $i=1$
Тв. тело можно разбить на совокупность мэт.

§3. Вращение отн. закр. оси Момент сил

Пусть тв. тело вращается вокруг закрепленной оси O (перп. пл-ти рисунка) и не может двигаться вдоль этой оси



F_1 - вращает по часовой стрелке

F_2 - вращает против часовой стрелки

УТВ Тв. тело с закрепленной осью вращения находится в равновесии

$$\Rightarrow \underbrace{F_1 d_1 + \dots}_{\text{силы, вращающие по часовой стрелке}} = \underbrace{F_2 d_2 + \dots}_{\text{силы вращающие против часовой стрелки}} \quad (*)$$

силы, вращающие
по часовой
стрелке

силы вращающие
против часовой стрелки

Опр: Расстояние от оси вращения до линии действия силы называется плечом силы

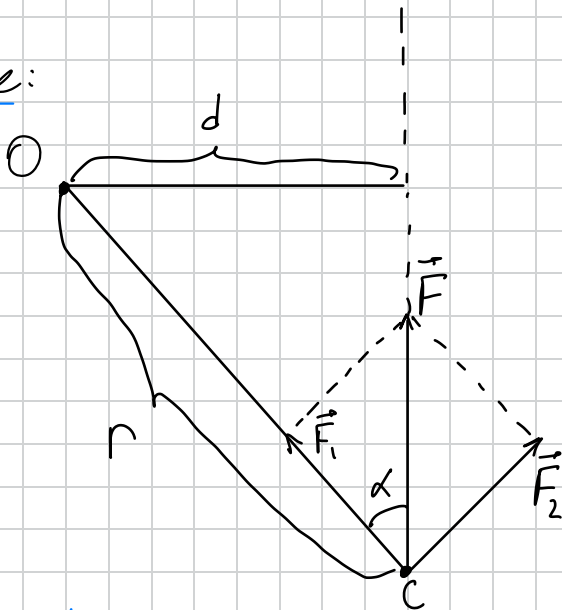
Опр: $M = F \cdot d$ - момент силы в плоском случае

Замечание: Если моментом, вызывающим вращение по часовой стрелке приписывать знак "+", а против - "-", то условие (*):

$$\left/ \sum_{i=1}^n M_i = 0 \right/ - \text{выполняется ли в обратную сторону?}$$

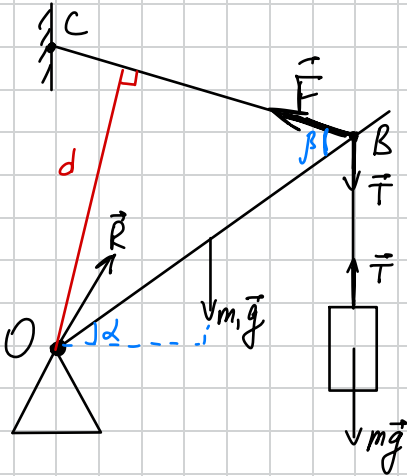
$\sum M_i = 0 \Rightarrow \text{ровн?}$

Замечание:



$$\left/ M = F \cdot d = F r \sin \alpha = \overbrace{F \sin \alpha}^{F_2} r = F_2 r \right/$$

Задача 3. Однородный стержень массой m_1 (рис. 8) шарнирно закреплён в нижней точке A и удерживается за верхний конец лёгким тросом BC , составляющим угол β со стержнем. В т. B подвешен груз массой m_2 . Угол наклона стержня к горизонту α . Найти силу натяжения троса.



1) Рав-во моментов сил O :

$$m_1 g \frac{l}{2} \cos \alpha + \overset{m_2 g}{T} l \cos \alpha = F l \sin \beta$$

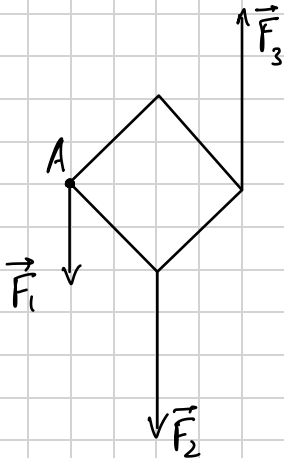
$$F = \left(m_2 + \frac{m_1}{2} \right) g \frac{\cos \alpha}{\sin \beta}$$

§4. Равновесие АТТ в общем случае

Утв: Если твердое тело находится в равновесии в ИСО, то сумма всех внешних сил, действующих на тело равна нулю и сумма моментов всех внешних сил относительно любой оси в пространстве также равна нулю.

Пример: Как найти равнодействующую в случае параллельных сил?

Задача 4. На пластину в форме квадрата со стороной $a = 10$ см действуют в плоскости пластины три параллельные силы $F_1 = 20$ Н, $F_2 = 40$ Н, $F_3 = 100$ Н (рис. 10). Найти равнодействующую.



1) Модуль и напр-е:

$$R = F_3 - F_2 - F_1 = 40 \text{ Н}$$

$$\vec{R} \uparrow \uparrow \vec{F}_3$$

2) Точка приложения: \vec{R} - оказывает такое же действие, что и $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \Rightarrow$ их моменты от любой оси равны.

Рассм ось $A \perp$ пл-ти рисунка

$$Rd = F_1 \cdot 0 + F_2 a \frac{\sqrt{2}}{2} - F_3 a \sqrt{2}$$

$$d = \frac{2F_3 - F_2}{2R} a \sqrt{2} \approx 28 \text{ см}$$

причем это расст.
до линии действия \vec{R}

↑
большие диагонали \Rightarrow как вписм. с
квадратом?