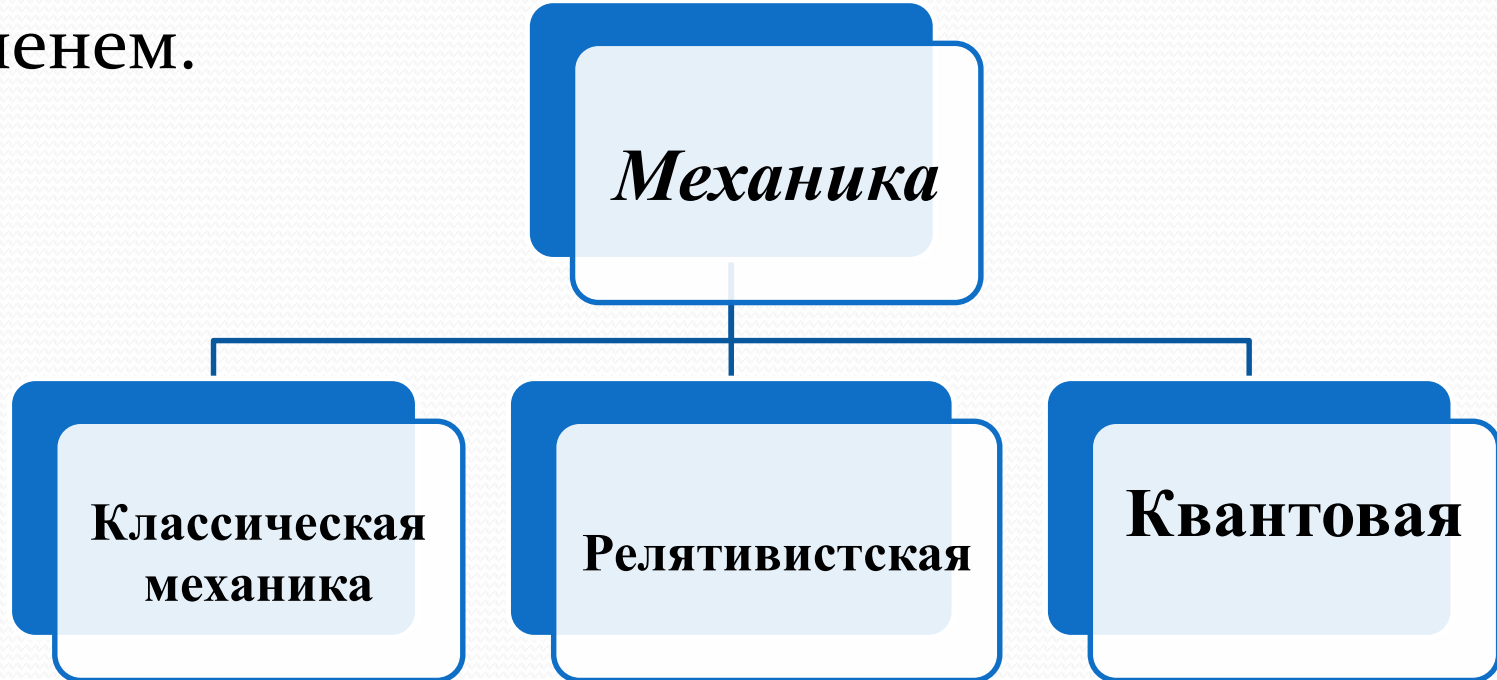


**Лекция 1. Динамика
поступательного и вращательного
тела**

1.1. Основные понятия и законы поступательного движения

Механика - часть физики, которая изучает закономерности механического движения и причины, вызывающие или изменяющие это движение.

Механическое движение - изменение взаимного положения тел или их частей в пространстве со временем.



Опр. Материальная точка - тело, размерами, формой и внутренним строением которого в данной задаче можно пренебречь

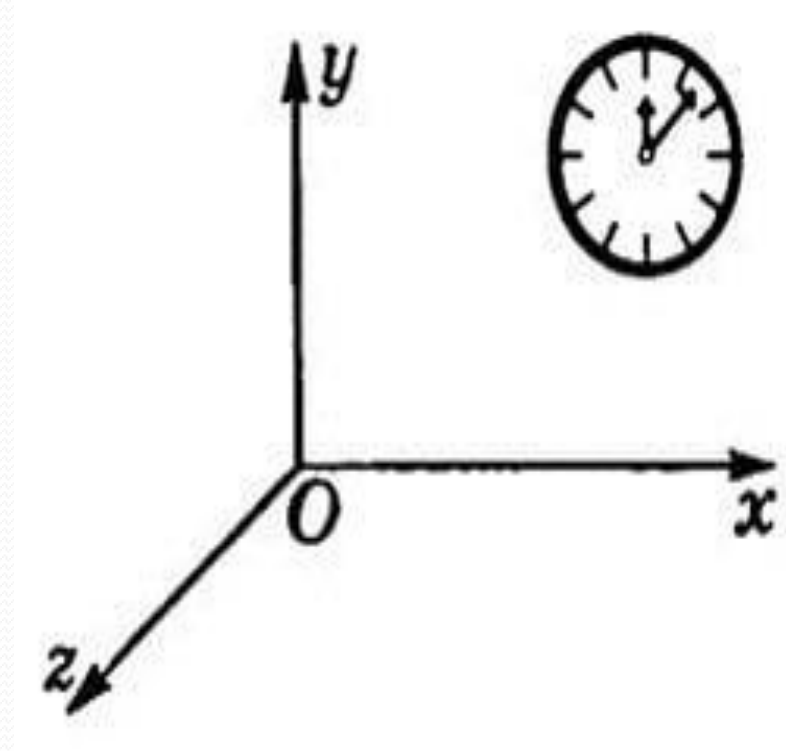
Опр. Абсолютно твердое тело - тело, которое ни при каких условиях не может деформироваться и при всех условиях расстояние между двумя точками этого тела остается постоянным

Опр. Абсолютно упругое тело - Тело, деформация которого подчиняется закону Гука, а после прекращения действия внешних сил принимает свои первоначальные размеры и форму.

Опр. Система отсчета – совокупность системы координат и часов, связанных с телом по отношению к которому изучается движение.

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t).$$

Опр. Перемещение – ф.в., характеризующая направление движения и численно равная вектору, соединяющему начало и конец движения



Опр. Поступательное движение – движение, при котором линии тела остаются параллельными сами себе

Опр. Скорость – ф.в., характеризующая быстроту изменения положения тела относительно других тел.

$$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t}$$

- равномерное прямолинейное

$$\vec{v} = \frac{d\vec{S}}{dt}$$

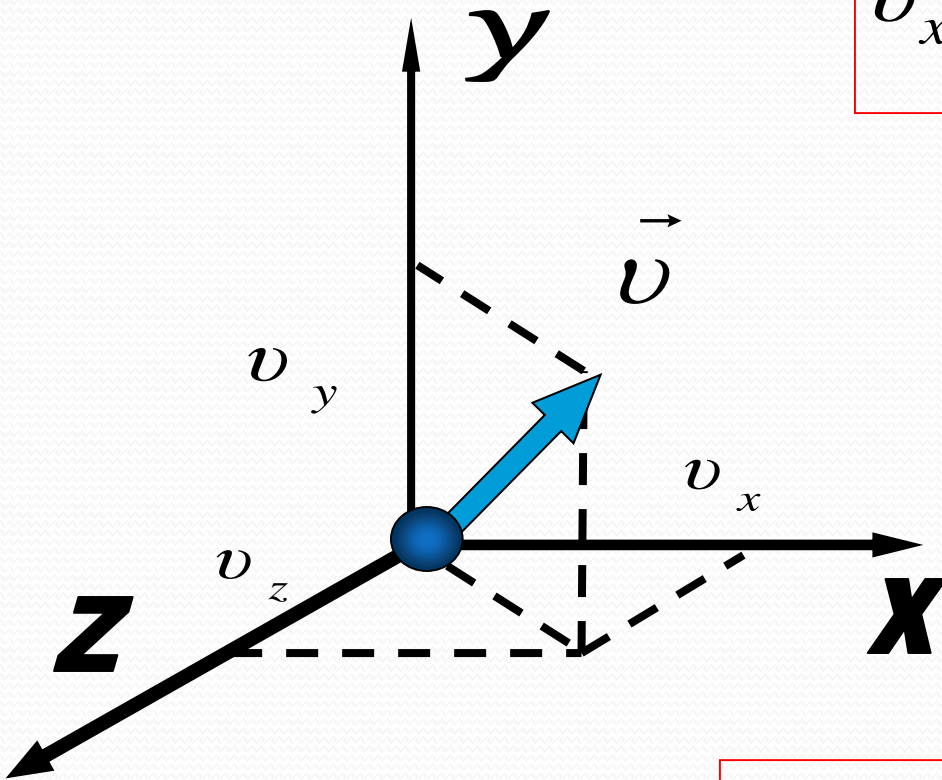
- движение с переменной скоростью

Проекции вектора скорости на оси равны:

$$v_x = \frac{dx}{dt}$$

$$v_y = \frac{dy}{dt}$$

$$v_z = \frac{dz}{dt}$$



$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

Опр. Ускорение – ф.в., характеризующая быстроту изменения скорости по величине и направлению

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$a = [m / c^2]$$

Опр. Сила – физическая величина, характеризующая интенсивность взаимодействия физических объектов (тел, полей)

$$\vec{F} = [H = \frac{кг \cdot м}{с^2}]$$

Первый закон Ньютона

Всякому телу свойственно сохранять состояние равномерного прямолинейного движения или покоя, пока и поскольку другие тела не вынудят его изменить это состояние (закон инерции)

Опр. Масса – физическая величина, характеризующая способность тела совершать поступательное движение после прекращения действия сил

$$m = [кг]$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{|\vec{a}_2|}{|\vec{a}_1|}$$

Второй закон Ньютона

Ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей всех сил, приложенных к телу, и обратно пропорционально массе тела

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

Второй закон Ньютона в импульсной форме

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{\vec{F}}{m} \quad \Rightarrow \quad m \cdot d\vec{v} = \vec{F} \cdot dt \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d(m \cdot \vec{v}) = \vec{F} \cdot dt \quad \Rightarrow \quad d\vec{p} = \vec{F} \cdot dt$$

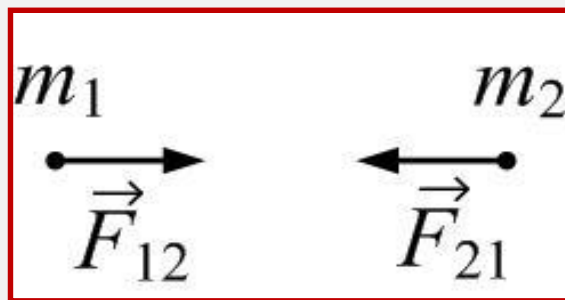
$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Второй закон Ньютона:

Изменение импульса тела равно импульсу действовавшей на тело силы

Третий закон Ньютона

Всякое действие тел друг на друга носит характер ВЗАИМОдействия



Третий закон Ньютона:

Силы, с которыми тела действуют друг на друга, равны по величине и противоположны по направлению

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Опр. Кинетическая энергия – энергия движения
(обладают только движущиеся тела)

$$W_{\text{кин.}} = \frac{mv^2}{2}$$

Опр. Потенциальная энергия в однородном поле тяготения – энергия взаимодействия планет и тел, находящихся вблизи их поверхности

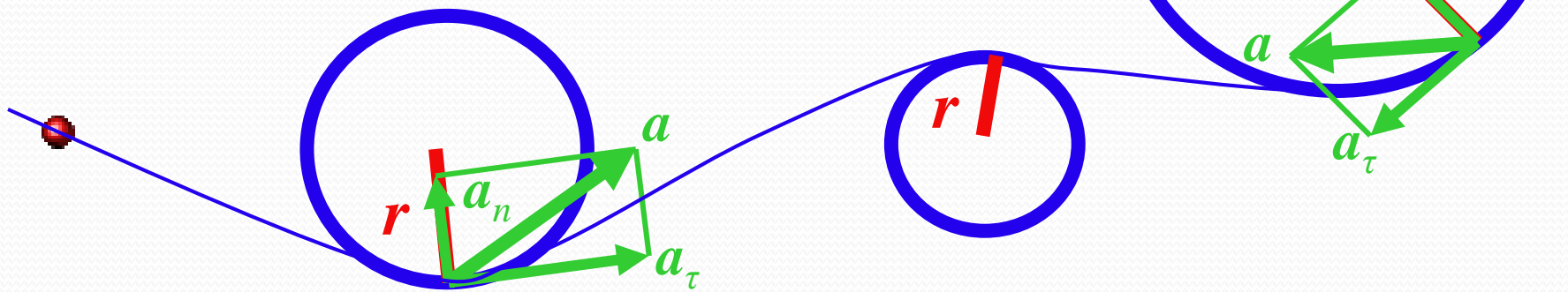
$$W_{\text{пот.}} = mgh$$

Опр. Потенциальная энергия упругодеформированного тела – энергия тел, подвергшихся упругой деформации

$$W_{\text{пот.}} = \frac{kx^2}{2}$$

1.2. Криволинейное движение. Вращательное движение абсолютно упругого тела

В любой точке траектории движение материальной точки можно рассматривать как вращательное движение по окружности,



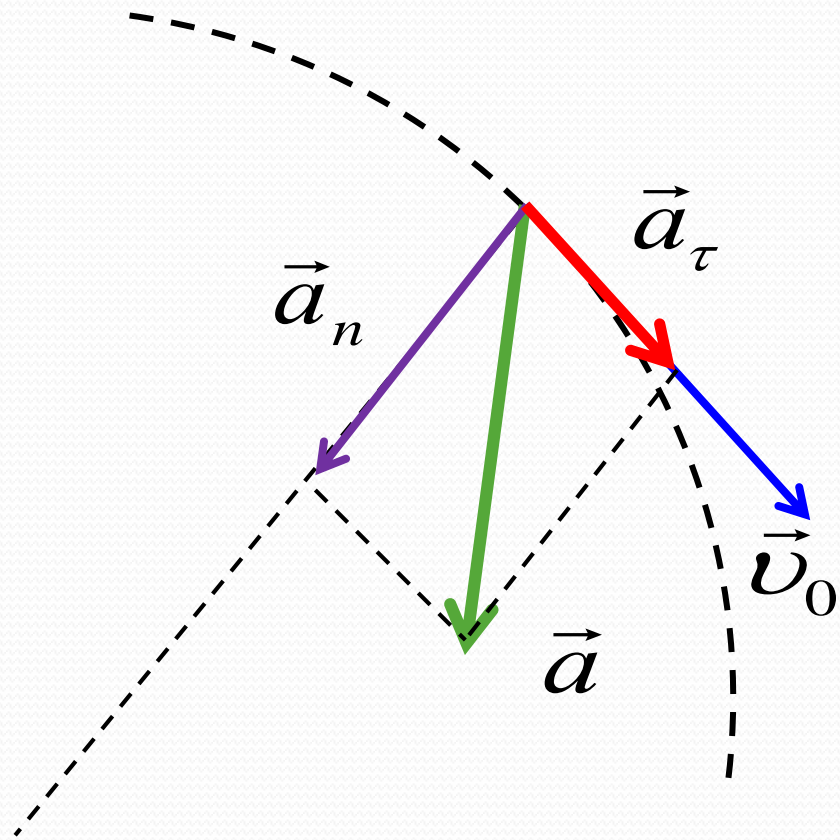
Саму величину r называют **радиусом кривизны траектории** в данной точке

Опр. Тангенсальное ускорение – ускорение, характеризующее изменение скорости по модулю

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt}$$

Опр. Нормальное ускорение – ускорение, характеризующее изменение скорости по направлению

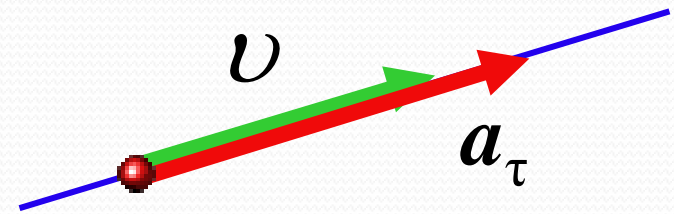
$$a_n = \frac{v^2}{r}$$



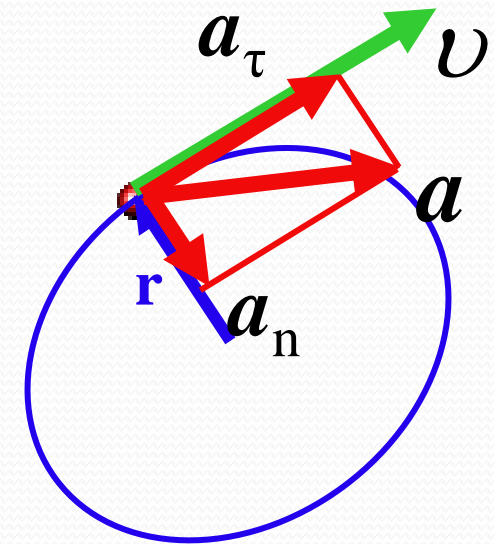
$$\vec{a}(t) = \vec{a}_{\tau} + \vec{a}_n$$

Чтобы более наглядно представить свойства введенных составляющих полного ускорения, рассмотрим примеры движений частицы, при которых эти составляющие возникают

Частица движется прямолинейно



Частица движется по дуге окружности



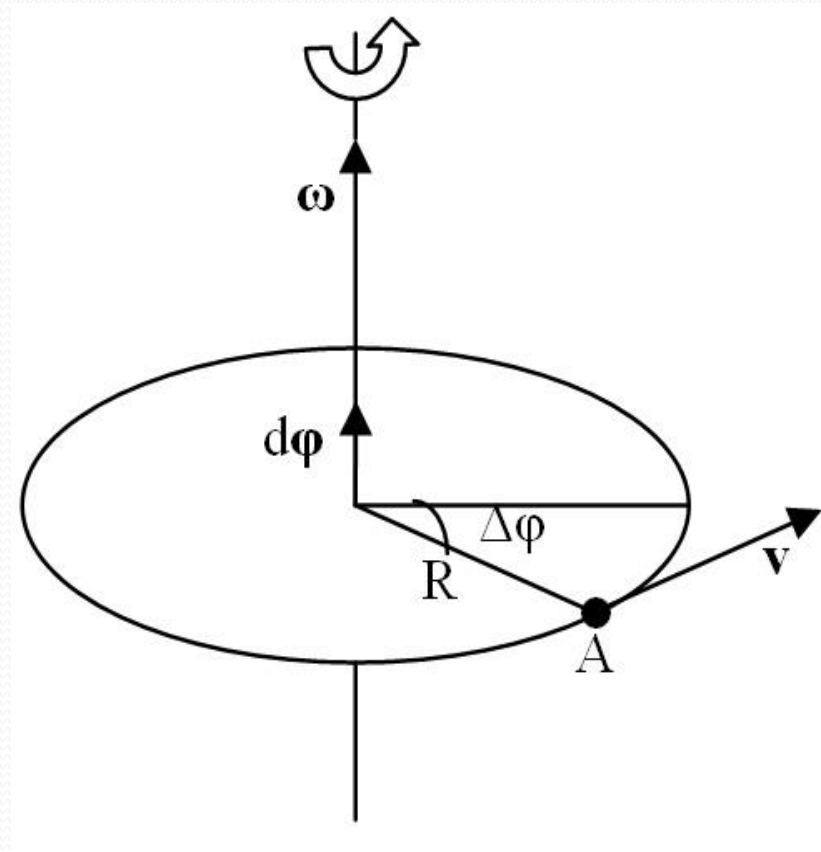
Опр. Угловая скорость – ф.в., характеризующая изменение угла поворота тела

$$\vec{\omega} = \frac{\vec{\varphi} - \vec{\varphi}_0}{t}$$

**- равномерное
криволинейное движение**

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$$

**- движение с
-переменной скоростью**



Опр. Угловое ускорение – ф.в., характеризующая быстроту изменения угловой скорости

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$
$$\vec{\varepsilon} = \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}^2} \right]$$

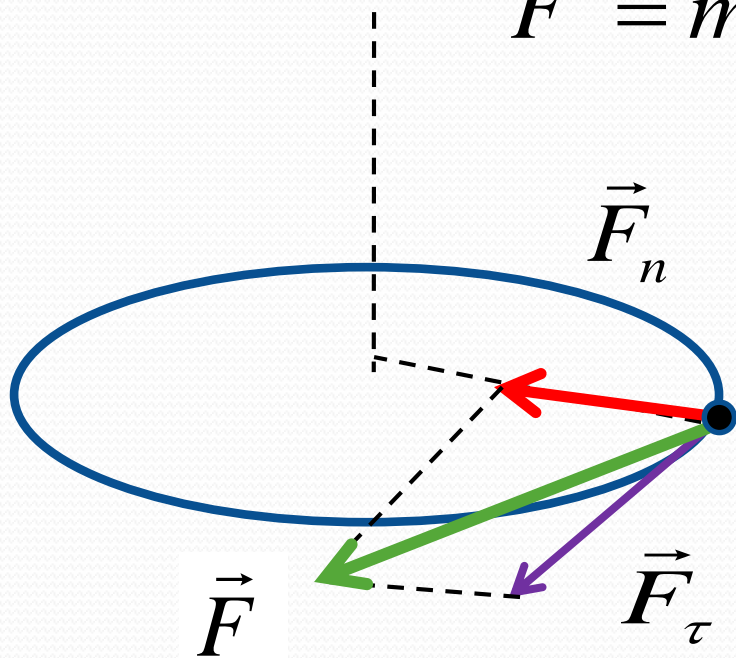
Второй закон Ньютона для вращательного движения материальной точки массы m :

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

$$a_{\tau} = \varepsilon \cdot r$$

$$F_{\tau} = m \cdot \varepsilon \cdot r$$

$$F_{\tau} \cdot r = m \cdot \varepsilon \cdot r \cdot r$$



Опр. Моментом силы относительно оси - вектор, направленный по оси вращения и связанный с направлением силы правилом буравчика и модуль которого равен произведению силы на ее плечо $M = F \cdot l$

$$M = m \cdot r^2 \cdot \varepsilon$$

Опр. Момент инерции – ф.в., характеризующая способность тела совершать вращательное движение после прекращения действия момента сил

$$I = mr^2$$

$$[I] = \text{кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\vec{M} = I \vec{\varepsilon}$$

II закон Ньютона для вращательного движения: Угловое ускорение тела прямо пропорционально суммарному моменту внешних сил и обратно пропорционально моменту инерции тела

$$\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{M}}{I}$$

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

$$\vec{L}$$

$$\frac{M}{I} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \quad \Rightarrow \quad \vec{M}dt = Id\vec{\omega} = d(I\vec{\omega}) = d\vec{L}$$

Опр. Момент импульса твёрдого тела – это произведение момента инерции твёрдого тела на угловую скорость:

Второй закон Ньютона для вращательного движения абсолютно твёрдого тела в импульсной

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

Если момент сил
равен нулю

система замкнута $\sum \vec{F}^{\text{внешн.}} = 0$

внешние силы
параллельны
закреплённой
оси вращения

у внешних сил нет
касательных
составляющих (вектор
силы проходит через ось
или центр вращения)

то $\sum \vec{M}^{\text{внешн.}} = 0 \Rightarrow \vec{L} = const$

Закон сохранения момента импульса:

Кинетическая энергия вращения

$$v = r \cdot \omega$$

$$W = \frac{m v^2}{2}$$

$$W = \frac{m \omega^2 \cdot r^2}{2} = \frac{\omega^2}{2} (m \cdot r^2)$$

$$W = \frac{I \cdot \omega^2}{2}$$

$$W_{\text{кин.}} = W_{\text{пост.}} + W_{\text{вращ.}} = \frac{m \cdot v^2}{2} + \frac{I \cdot \omega^2}{2}$$

Для катящегося тела:

Простые механизмы

Рычаг

Наклонная
плоскость

Блок

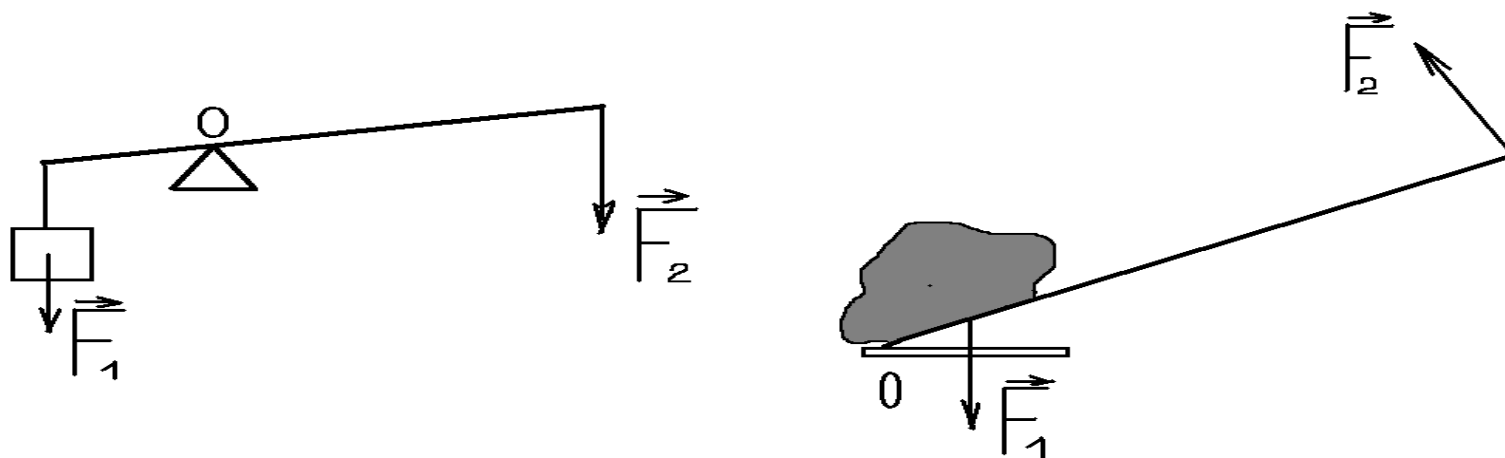
Ворот

Клин

Винт

Рычаг

первого рода и второго рода
O – точка опоры

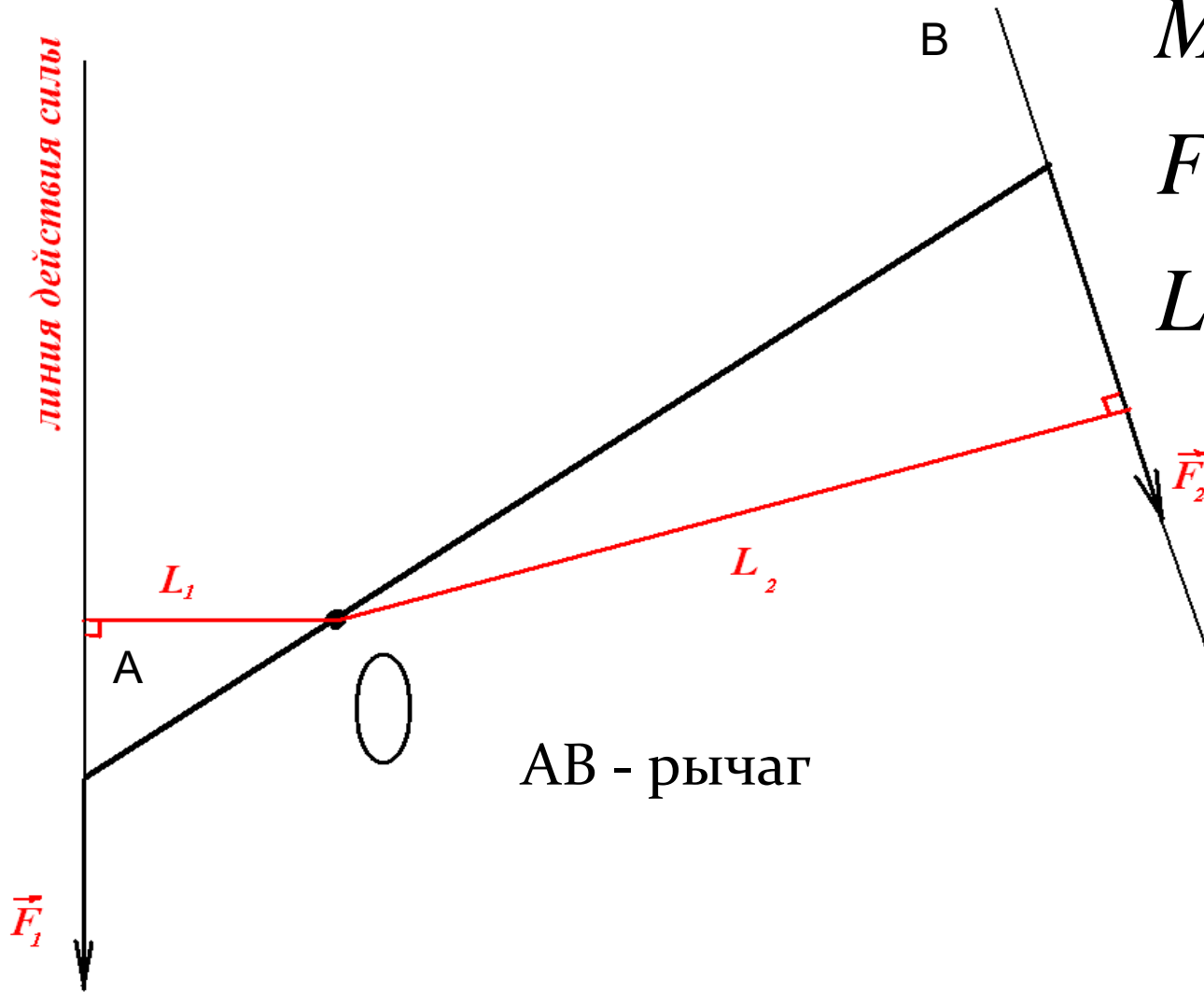


$$M = FL$$

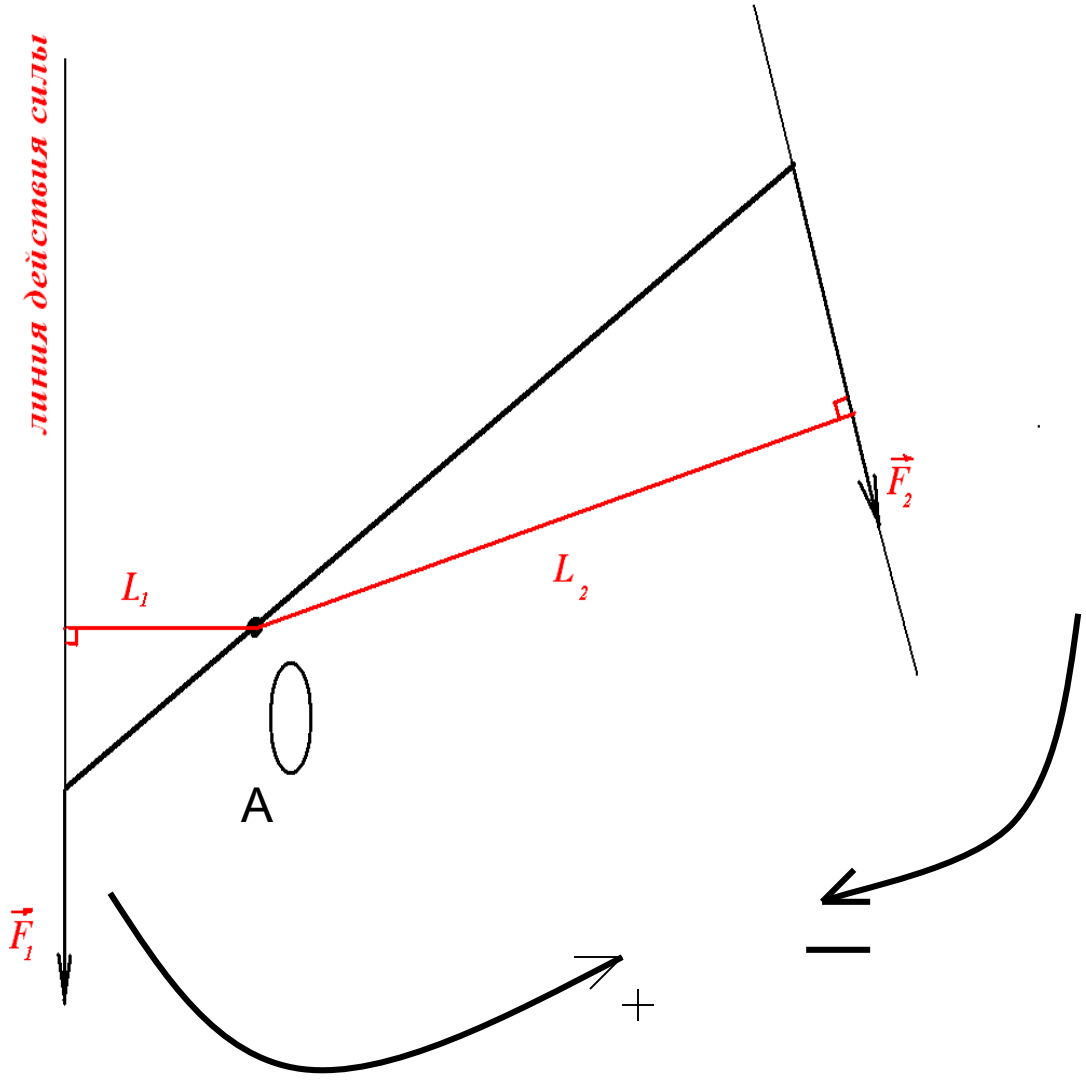
M – момент

F – сила

L – плечо



линия действия силы



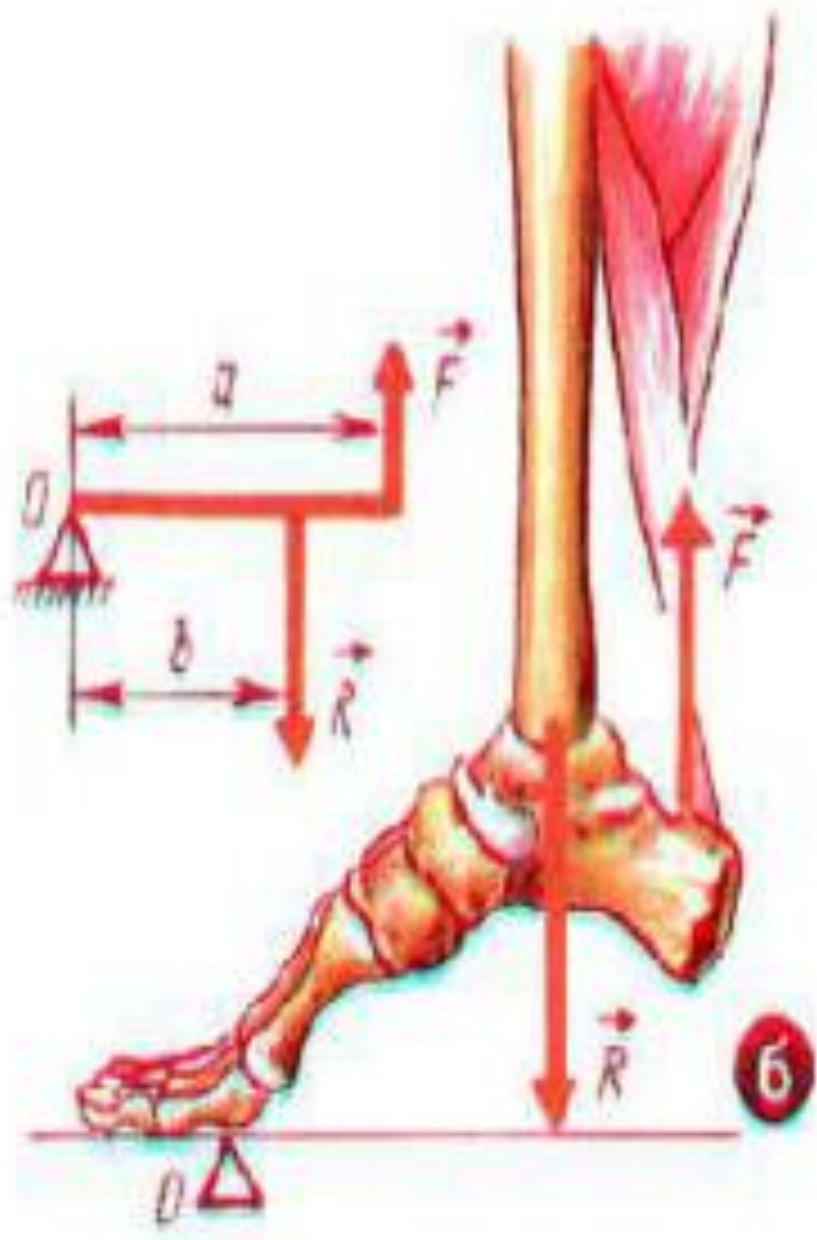
$$\sum \vec{M} = J\vec{\varepsilon}$$
$$\sum M = F_1L_1 - F_2L_2$$
$$F_1L_1 - F_2L_2 = 0$$
$$F_1L_1 = F_2L_2$$

$$F_1 \cdot L_1 = F_2 \cdot L_2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{L_1}{L_2}$$

Правило моментов позволяет определить условие равновесие рычага, а также найти выигрыш в силе механизма.



a



b