Лекция 3

«Динамика поступательного движения»

PhD, Жақыпов Әлібек Серікұлы

Законы Ньютона

Ньютон в 1687 г. опубликовал книгу «Математические основы натуральной философии».

Сущность первого закона предложил еще Г. Галилей:

Существуют такие системы отсчета, в которых всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействия со стороны других тел не заставят его изменить это состояние.

Свойство тела сохранять свое состояние неизменным называют **инерцией**, а системы отсчета, в которых выполняется этот закон - **инерциальными.** Такие системы движутся относительно других систем **без** ускорения.

Причина изменения состояния тела, т.е. появление ускорения, связана с понятием **силы**.

Законы Ньютона

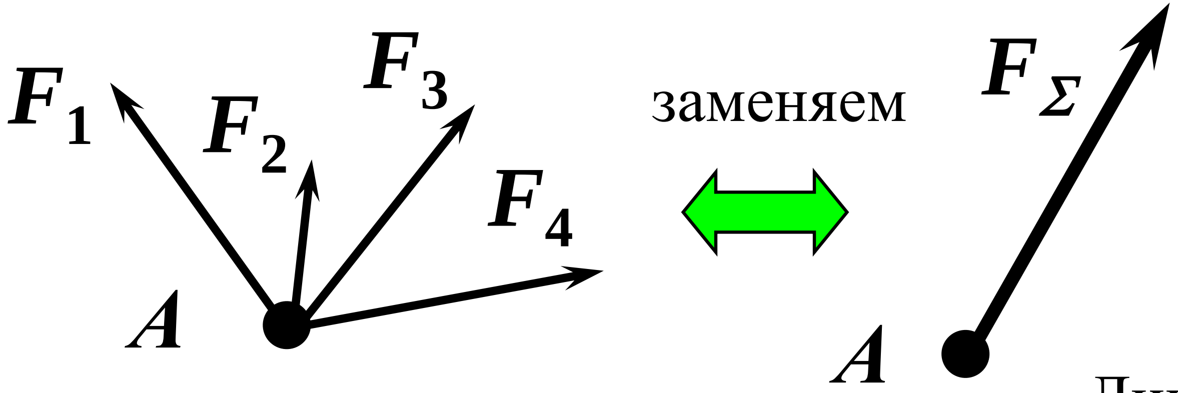
Сила – векторная величина, характеризующая меру механического воздействия на тело со стороны других тел или полей.

Сила задается с помощью модуля, направления и точки приложения.

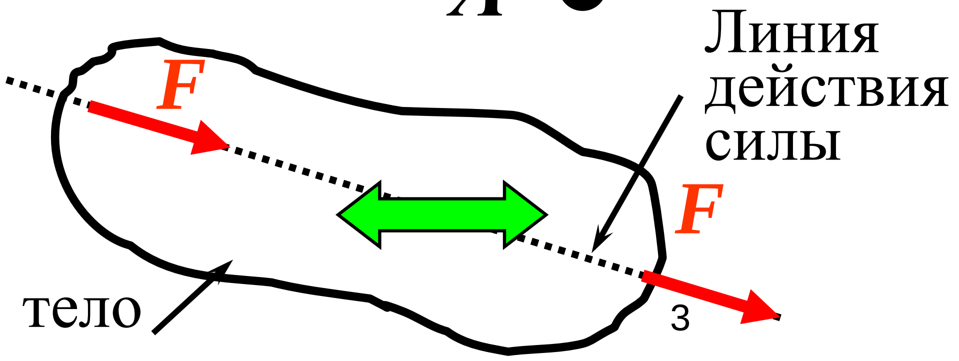
Опыты показали: если на тело действуют n – сил, приложенных в <u>одной точке</u>, то их можно заменить геометрической суммой:

Если силы приложены в разных точках, то их заменять нельзя!

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



В абсолютно твердом теле точку приложения силы можно переносить вдоль линии действия силы:



Второй закон Ньютона

Опыты показывают, что если к разным по массе телам приложить одинаковую силу, то эти тела получат разное ускорение.

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

Отсюда - приняв какую-либо массу за эталон, можно измерять любую массу.

С другой стороны ускорение тела зависит от приложенной к нему силы *a=kF* (где *k* коэффициент пропорциональности).

Следовательно:

$$\vec{a}_1 = \frac{m_2\vec{a}_2}{m_1} = k\vec{F}_2 \quad \Rightarrow \quad m_2\vec{a}_2 = k\vec{F}_2$$

Выбор k зависит от выбора системы единиц. В «СИ» k=1. Тогда:

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

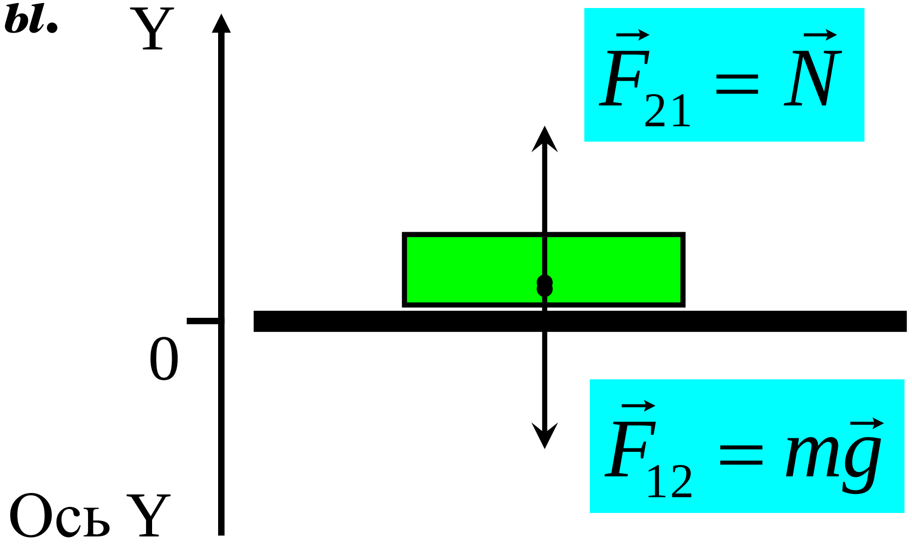
- второй закон Ньютона.

Третий закон Ньютона

Третий закон Ньютона устанавливает соотношение между взаимодействующими телами:

Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по величине и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны.

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



$$\vec{F}_{21} = \vec{N}$$

$$\vec{F}_{12} = m\vec{g}$$

Проекция силы F_{12} на ось Y отрицательна, следовательно, переходя от векторов:

$$-F_{12} = -F_{21} \Rightarrow F_{12} = F_{21} \Rightarrow \vec{N} = m\vec{g}$$

Динамика вращательного движения

Момент силы

Если сила F приложена к материальной точке A, то моментом силы M относительно произвольной точки O называется векторное произведение радиуса-вектора r, проведенного из точки O к точке A, и вектора силы:

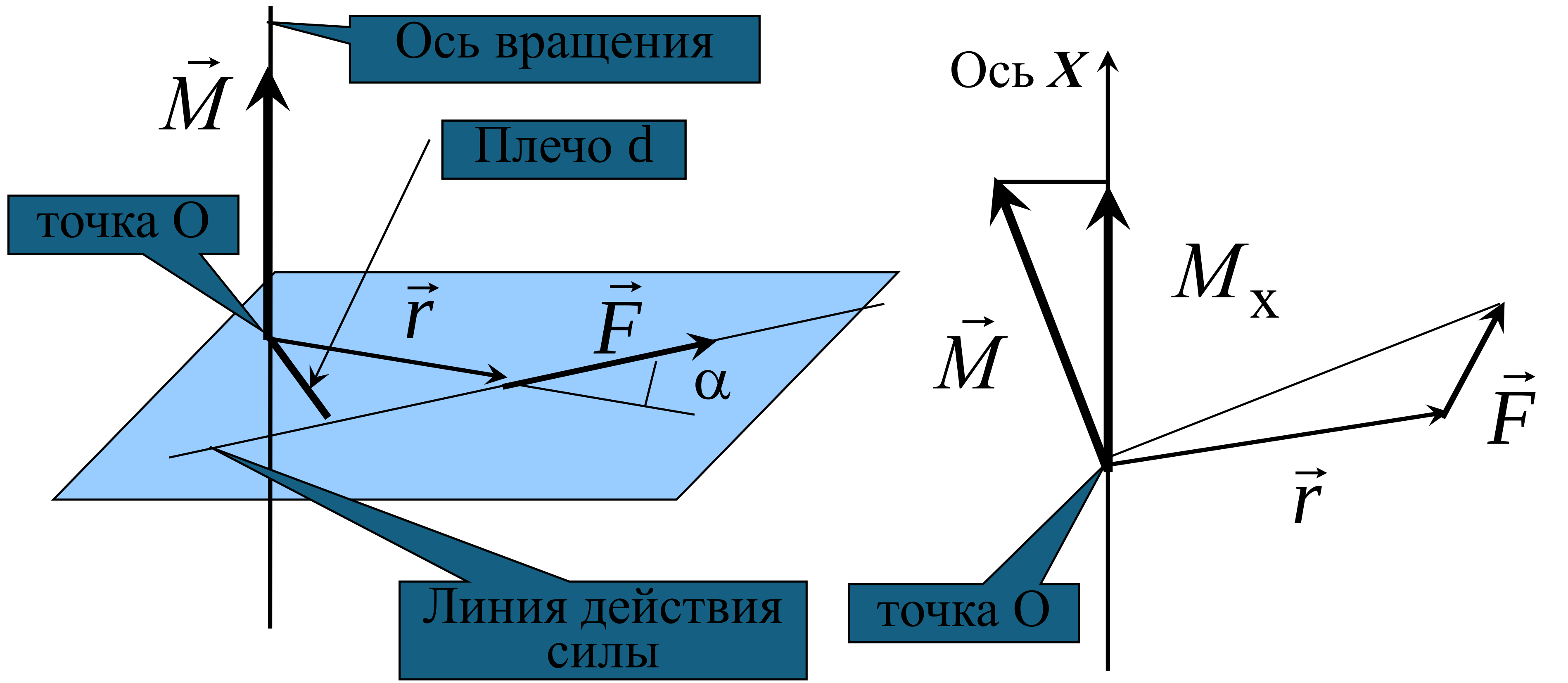
$$\vec{M} = \left[\vec{r} \times \vec{F}\right]$$

Либо в скалярной форме:

$$\left|\vec{M}\right| = \left|\vec{r}\right| \cdot \left|\vec{F}\right| \cdot \sin\left(\vec{r}, \vec{F}\right) = F \cdot d$$ где d – плечо силы F.

Направление вектора M определяется правилом правого винта (буравчика). Буравчик, параллельный оси вращения, вращаем от r к F.

Момент силы



<u>Плечо силы</u> – это длина перпендикуляра, опущенного из т. O на линию действия силы.

<u>Моментом силы</u> M_x **<u>относительно оси *X*</u>** называется проекция на эту ось вектора момента силы относительно любой точки, выбранной на этой оси. Значение M_x не зависит от выбора положения т. O на оси ***X***.

Момент импульса

Моментом импульса материальной точки относительно точки O называется вектор, равный векторному произведению радиуса вектора, проведенного из точки O, на импульс материальной точки.

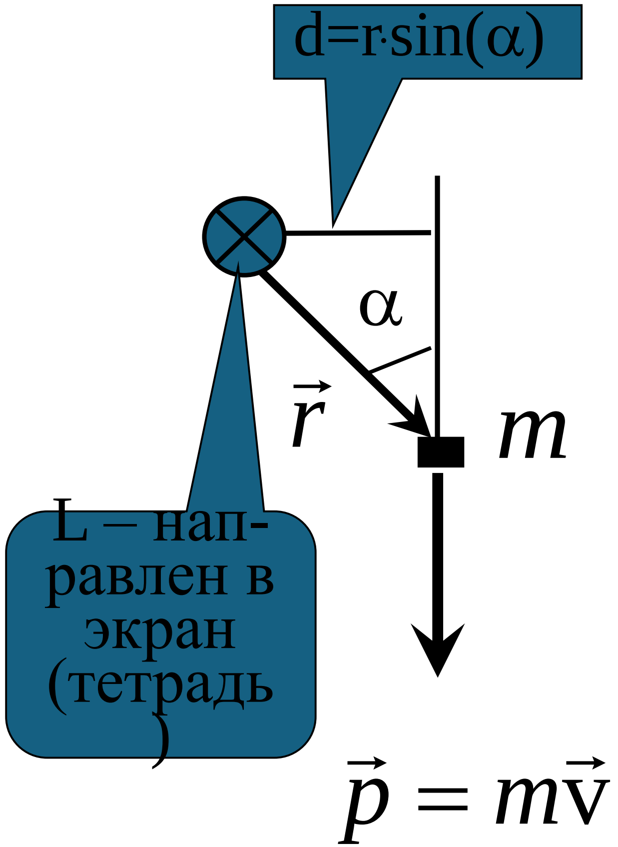
$$\vec{L} = \left[\vec{r} \times \vec{p}\right] = \left[\vec{r} \times m\vec{\mathrm{v}}\right]$$

Либо в скалярной форме:

$$\left|\vec{L}\right| = \left|\vec{r}\right| \cdot \left|\vec{p}\right| \cdot \sin\left(\vec{r}, \vec{p}\right) = p \cdot d$$

Проекция вектора на ось X, проходящую через точку O, называется моментом импульса материальной точки относительно этой оси.

Момент импульса



Проекция вектора L на ось X, проходящую через точку O называется моментом импульса материальной точки относительно этой оси.

Зададимся вопросом. От чего зависит изменение момента импульса?
Для ответа на этот вопрос возьмем производную:

Момент импульса

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt}\left[\vec{r} \times m\vec{v}\right] = \left[\vec{r} \times m\frac{d\vec{v}}{dt}\right] + \left[\frac{d\vec{r}}{dt} \times m\vec{v}\right] =$$

По второму закону Ньютона: $m\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}$, а $\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}$

Тогда:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \left[\vec{r} \times \vec{F}\right] + \left[\vec{v} \times m\vec{v}\right] = \left[\vec{r} \times \vec{F}\right] + 0 = \vec{M}$$

Так как: $\left[\vec{v} \times m\vec{v}\right] = |\vec{v}| \cdot |m\vec{v}| \cdot \sin(0) = 0$

Итого: $\boxed{\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}}$

Момент импульса

Скорость изменения момента импульса со временем равно суммарному моменту сил действующему на тело.

В замкнутой (изолированной) системе момент внешних сил равен нулю, внутренние по третьему закону Ньютона скомпенсированы. Следовательно:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} = \vec{M}_{внеш.сил} + \vec{M}_{внутр.сил} = 0$$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\vec{L} = const}$$

Мы получили закон сохранения момента импульса.

Литература

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высш. шк., 1990.- 478 с.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики М.: Высш. шк., 1989.- 608 с.
3. Савельев И.В. Общий курс физики. Т1. Механика. Молекулярная физика. М.: Наука, 1988.- 416 с.
4. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики.- М.: Наука, 1985.
5. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. Т.1,2,3.-М.: Наука, 1974,1980
6. Сивухин Д.В. Курс общей Физики. – М.: Наука, 1986. Т.