

Секция 3



Инновационные технологии обучения в системе непрерывного образования: лицей – колледж – УВО

В. В. АКСЕНОВ, И. Л. ДОРОШЕВИЧ
УО БГУИР (г. Минск, Беларусь)

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕМЫ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

В настоящей работе авторы предлагают не традиционное рассмотрение динамики вращательного движения, которое базируется на сопоставлении физических величин, описывающих поступательное и вращательное движение. Это сопоставление приведено в таблице 1.

Таблица 1. – Соответствие физических величин, характеризующих поступательное и вращательное движение

Характеристика	Поступательное движение	Вращательное движение
Характеристика положения	Радиус-вектор \vec{r}	Угол поворота φ
Характеристика изменения положения	Перемещение $\Delta\vec{r}$	Угловое перемещение $\Delta\varphi$
Характеристика быстроты и направления движения	Скорость $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$	Угловая скорость $\vec{\omega} = \frac{d\varphi}{dt}$
Характеристика изменения скорости	Ускорение $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$	Угловое ускорение $\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$
Характеристика инертности	Масса тела m	Момент инерции I
Характеристика количества движения	Импульс \vec{p}	Момент импульса $\vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}]$
Характеристика действия	Сила \vec{F}	Момент силы $\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}]$

Соответствие интуитивно понятно и легко заучивается. Данное соответствие можно использовать для запоминания основных формул и уравнений вращательного движения на основе уже известных формул и уравнений поступательного движения (таблица 2).

Таблица 2. – Соответствие основных формул и уравнений поступательного и вращательного движения

Поступательное движение	Вращательное движение
$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$	$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$
$m \cdot \vec{a} = \vec{F}$	$I \cdot \vec{\varepsilon} = \vec{M}$
$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$	$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$
$W^k = \frac{mv^2}{2}$	$W^k = \frac{I\omega^2}{2}$

Покажем, как из некоторых формул в левой колонке таблицы 2 можно получить соответствующие формулы из правой колонки при движении материальной точки по окружности.

Равенство $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ умножим векторно слева на \vec{r} :

$$[\vec{r}, \vec{p}] = [\vec{r}, m\vec{v}].$$

Учтем определение момента импульса, связь между линейной и угловой скоростью $\vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{r}]$, а также формулу двойного векторного произведения:

$$\begin{aligned} \vec{L} &= [\vec{r}, m \cdot [\vec{\omega}, \vec{r}]] = m \cdot [\vec{r}, [\vec{\omega}, \vec{r}]] = \\ &= m \cdot (\vec{\omega}(\vec{r}, \vec{r}) - \vec{r}(\vec{r}, \vec{\omega})). \end{aligned}$$

Поскольку $\vec{\omega} \perp \vec{r}$ (см. рисунок), а для материальной точки момент инерции $I = m \cdot r^2$, то окончательно получаем:

$$\vec{L} = m \cdot \vec{\omega} \cdot r^2 = I \cdot \vec{\omega}.$$

Уравнение движения $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$ (математическое выражение II закона Ньютона) умножим векторно слева на \vec{r} :

$$\left[\vec{r}, \frac{d\vec{p}}{dt} \right] = \left[\vec{r}, \vec{F} \right].$$

Правая часть полученного выражения равна моменту силы $\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}]$, а для преобразования левой части с учетом определения момента импульса $\vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}]$ и скорости $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ вычислим

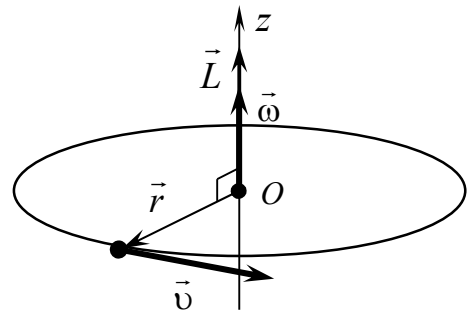
$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt} [\vec{r}, \vec{p}] = \left[\frac{d\vec{r}}{dt}, \vec{p} \right] + \left[\vec{r}, \frac{d\vec{p}}{dt} \right] = [\vec{v}, \vec{p}] + \left[\vec{r}, \frac{d\vec{p}}{dt} \right] = \left[\vec{r}, \frac{d\vec{p}}{dt} \right].$$

Тогда из уравнения движения получаем уравнение моментов

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

Справедливость равенств из правой колонки таблицы 2 для вращательного движения твердого тела можно доказать для случая, когда оно вращается вокруг одной из своих неподвижных главных осей инерции.

Применение в практике учебных занятий по физике приведенного сопоставления физических величин, основных формул и уравнений поступательного и вращательного движения способствует более легкому запоминанию и усвоению учебного материала по механике.



Рисунок