

УДК 537 (07)

ББК 22.33 я 7

П 27

Рецензент – доктор физико-математических наук, профессор
Н.А. Манаков

Михайличенко, А. В.

П 27 Динамика вращательного движения: методические указания к лабораторным работам №131, №132, №133 / А. В. Михайличенко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 41 с.

Методические указания включают изложение теории динамики вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси, методы измерения моментов инерции твердых тел, описание методики проведения эксперимента и обработки результата.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ №131, №132, №133 по дисциплине «Физика» для студентов всех специальностей.

УДК 537 (07)

ББК 22.33 я 7

© Михайличенко А. В., 2012

© ОГУ, 2012

Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси

Вращательным движением вокруг неподвижной оси называется такое движение, при котором все точки тела, двигаясь в параллельных плоскостях описывают окружности с центрами, лежащими на одной неподвижной прямой, называемой осью вращения. Ось вращения перпендикулярна плоскостям, в которых движутся точки тела.

Кинематика вращательного движения

На рисунке 1 показана траектория некоторой точки твердого тела – окружность радиуса r . За малый промежуток времени Δt радиус - вектор \vec{r} ,

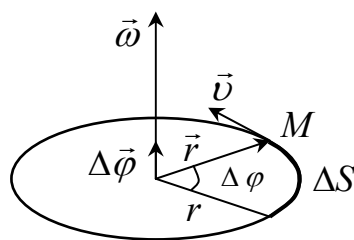


Рисунок 1 - Движение м.т. по окружности. Связь между $\vec{\omega}$ и \vec{v}

определяющий положение точки M , повернулся на малый угол $\Delta\phi$, а точка прошла путь ΔS . Очевидно

$$\Delta S = r\Delta\phi. \quad (1)$$

Малый угол поворота $\Delta\phi$ можно рассматривать как псевдовектор, модуль которого равен $\Delta\phi$, а направление определяется *правилом правого винта*: псевдовектор (вектор) $\Delta\vec{\phi}$ направлен вдоль оси вращения и совпадает с направлением поступательного движения винта, который вращается вместе с телом (материальной точкой).

Угловой скоростью $\vec{\omega}$ называют векторную величину, характеризующую быстроту вращения твердого тела. Она равна пределу отношения угла поворота $\Delta\vec{\varphi}$ за некоторый промежуток времени Δt к величине этого промежутка Δt при его неограниченном уменьшении

$$\vec{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{\varphi}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}. \quad (2)$$

Очевидно вектор $\vec{\omega}$ сонаправлен с вектором $\Delta\vec{\varphi}$. Угловая скорость $\vec{\omega}$ измеряется в радиан/секунда $\left(\frac{\text{рад}}{\text{с}}\right)$.

Установим связь между линейной скоростью точки M и угловой скоростью вращения. Из определения модуля линейной скорости и формул (1) и (2):

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{r\Delta\varphi}{\Delta t} = r \frac{d\varphi}{dt} = r\omega. \quad (3)$$

Связь между векторами \vec{v} и $\vec{\omega}$ определяется по формуле Эйлера (рис. 1):

$$\vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{r}],$$

то есть вектор линейной скорости определяют как векторное произведение двух векторов $\vec{\omega}$ и \vec{r} .

Численное значение (модуль) векторного произведения

$$v = \omega r \sin \alpha,$$

где α - угол между векторами $\vec{\omega}$ и \vec{r} . В рассматриваемом случае $\alpha = 90^\circ$ и $\sin \alpha = 1$.

Направление вектора скорости \vec{v} определим по правилу правого винта. Сформулируем его в этом случае так: вектор \vec{v} перпендикулярен плоскости, в которой лежат векторы $\vec{\omega}$ и \vec{r} , и направлен в сторону поступательного движения правого винта, если его вращать от первого сомножителя ($\vec{\omega}$) ко второму (\vec{r}).

Если угловая скорость $\vec{\omega}$ не изменяется со временем, то имеем равномерное вращательное движение. Такое движение можно характеризовать периодом вращения T - временем, в течение которого тело поворачивается вокруг оси на угол $\varphi = 2\pi$, а также частотой n - числом оборотов, совершаемым телом за единицу времени. Они связаны с угловой скоростью соотношениями

$$\omega = 2\pi n = \frac{2\pi}{T}. \quad (4)$$

Неравномерное вращение характеризуют ускорением $\vec{\varepsilon}$.

Угловым ускорением $\vec{\varepsilon}$ называют векторную физическую величину равную первой производной угловой скорости $\vec{\omega}$ по времени

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}. \quad (5)$$

Угловое ускорение измеряется в радианах/секунду² $\left(\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}\right)$. Так же как и угловая скорость $\vec{\omega}$ угловое ускорение $\vec{\varepsilon}$ направлено вдоль оси вращения. Причем, если движение ускоренное ($d\omega > 0$), то векторы $\vec{\omega}$ и $\vec{\varepsilon}$ сонаправлены, а если угловая скорость убывает ($d\omega < 0$), то векторы $\vec{\omega}$ и $\vec{\varepsilon}$ направлены в противоположные стороны.