



**Механика.**  
**Кинематика**  
**вращательного**  
**движения**

**Дисциплина: Физика**  
**Лекция 2**

Преподаватель: Беспалова Ирина Валерьевна,  
кандидат ф.-м. наук, ассистент-профессор  
кафедры «Общая физика»  
[besiv@mail.ru](mailto:besiv@mail.ru)

# Содержание

1. *Вращательное движение*
2. *Угловое перемещение*
3. *Угловая скорость*
4. *Связь угловой и линейной скорости*
5. *Период и частота вращения*
6. *Угловое ускорение*
7. *Уравнение кинематики вращательного движения*
8. *Тангенциальное и нормальное ускорения*
9. *Связь между линейными и угловыми величинами*

# Виды механического движения

**Механическое движение** – изменение пространственного положения тела относительно других тел с течением времени.

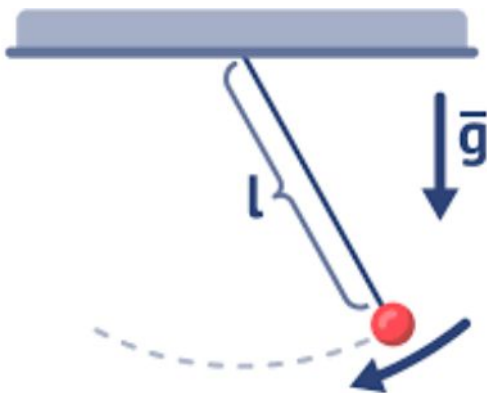
## 1. Поступательное



## 2. Вращательное



## 3. Колебательное

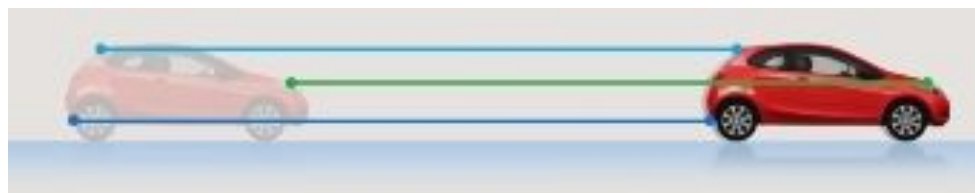


## 4. Волновое



# Поступательное движение

**Поступательным** называют движение, при котором любая прямая жестко связанная с телом остается параллельной самой себе.



- все точки тела описывают **одинаковую траекторию**,
- проходят **за определенные промежутки времени  $\Delta t$  одинаковые пути**
- в любой момент времени имеют **одинаковые скорости**.

# Уравнения кинематики поступательного движения

1.  $a_\tau = 0, a_n = 0$

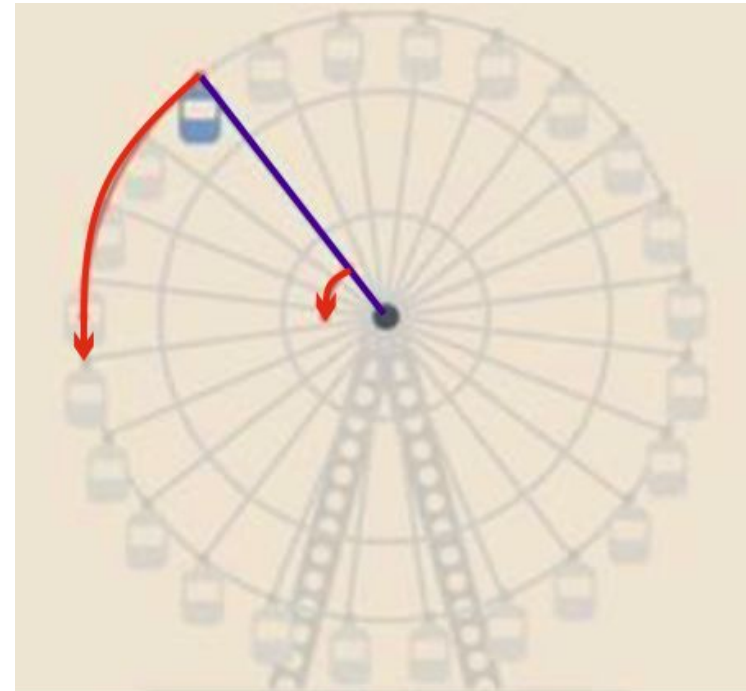
$S = v\Delta t$  – прямолинейное равномерное движение

2.  $a_\tau = \text{const}, a_n = 0$

$\left\{ \begin{array}{l} s = v_0 t \pm \frac{at^2}{2} \\ v = v_0 \pm at \end{array} \right.$  – прямолинейное равнопеременное движение

# Вращательное движение

**Вращательное движение твердого тела** – это такое механическое движение, при котором материальные точки твердого тела, лежащие в одной плоскости, перпендикулярной оси вращения, движутся по concentрическим окружностям. Их центры лежат на одной прямой, называемой осью вращения.



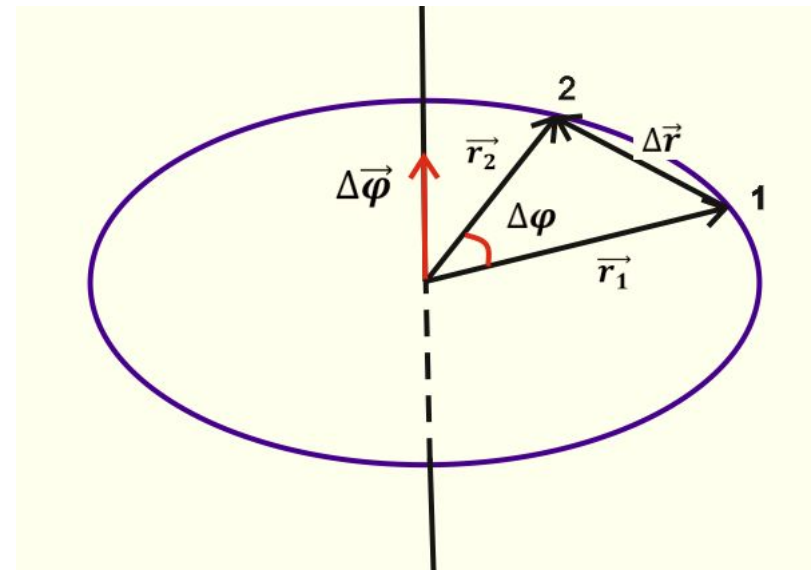
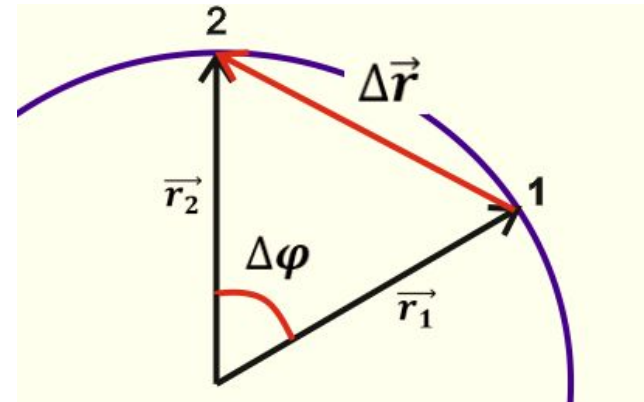
# Угловое перемещение

**Угловое перемещение  $\vec{\varphi}$**  - это вектор, модуль которого равен углу поворота радиус-вектора  $\vec{r}$ .

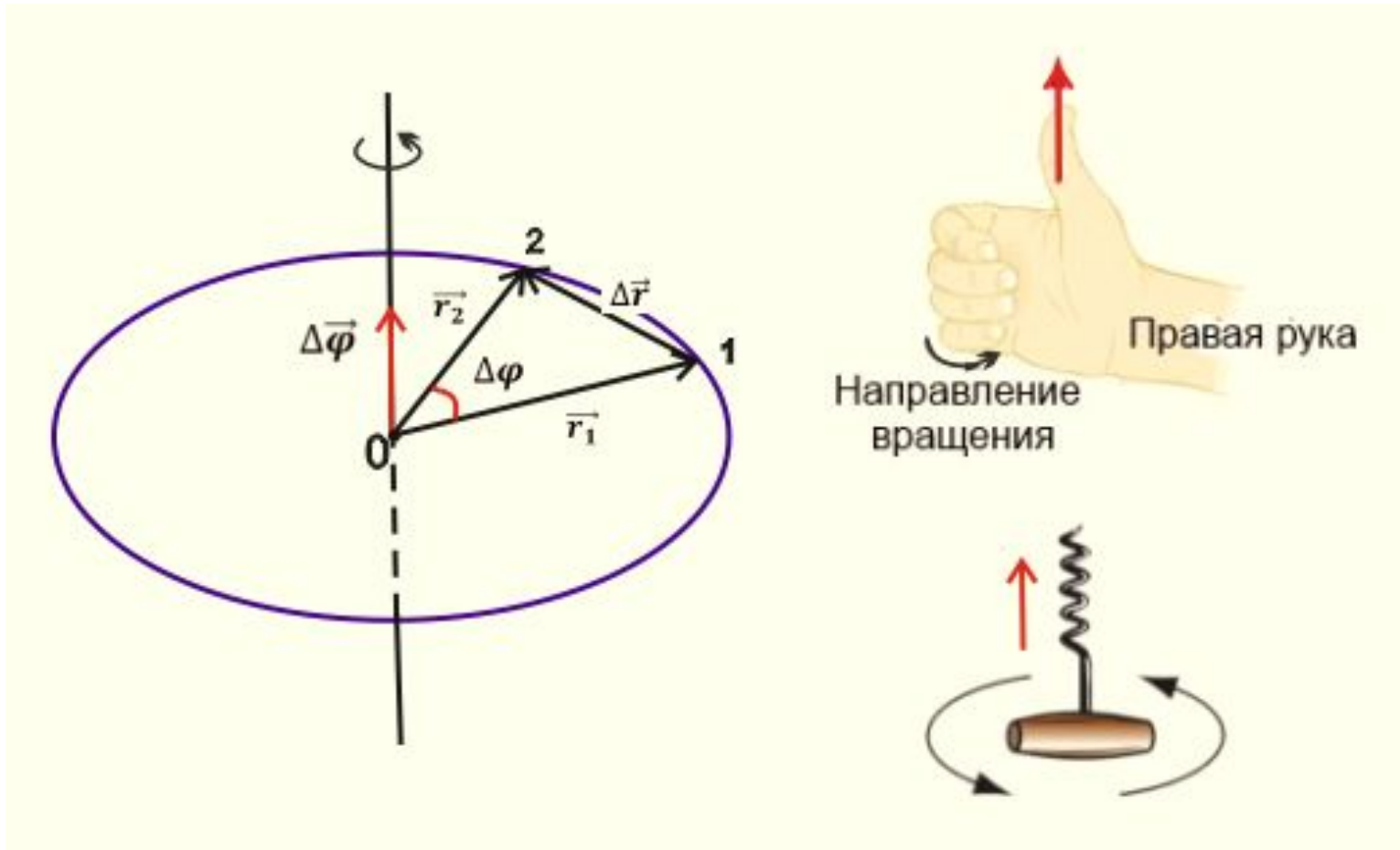
$$|\Delta\vec{\varphi}| = \Delta\varphi$$

$$[\Delta\varphi] = \text{рад}$$

Вектор углового перемещения является **аксиальным**, и его направление определяется по правилу правого винта или правой руки.



# Направление углового перемещения





# Угловая скорость

**Угловая скорость**  $\vec{\omega}$  – векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения углового перемещения материальной точки.

*Единица измерения угловой скорости в СИ  $[\omega]=1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$*

**Средняя угловая скорость**  $\langle \vec{\omega} \rangle$

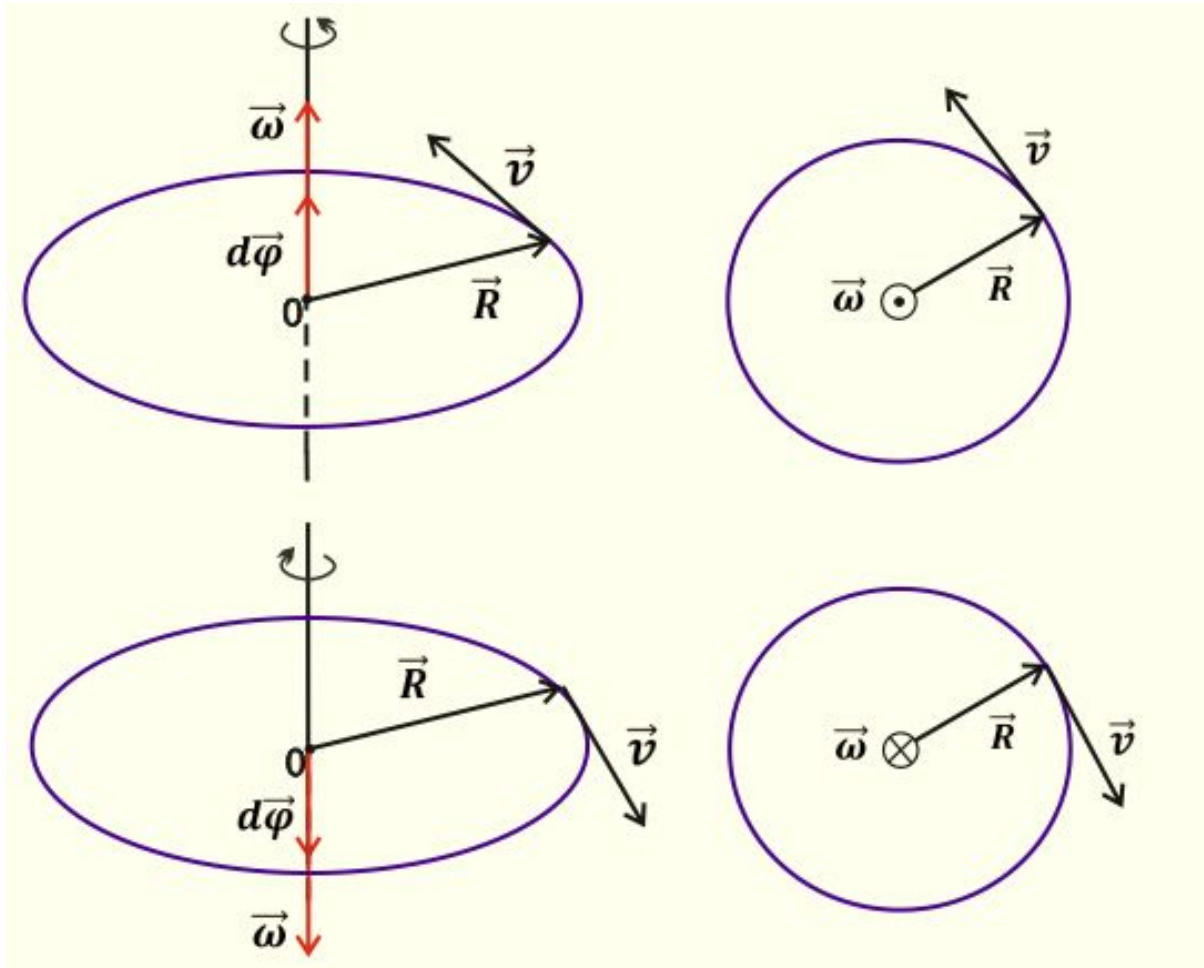
$$\langle \vec{\omega} \rangle = \frac{\Delta \vec{\varphi}}{\Delta t}$$

**Мгновенная угловая скорость**  $\vec{\omega}$

$$\vec{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\varphi}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$$

**Вектор угловой скорости** – совпадает по направлению с вектором углового перемещения.

# Направление угловой скорости



# Связь угловой и линейной скорости

$$dr = v dt$$

$$dr = R d\varphi$$

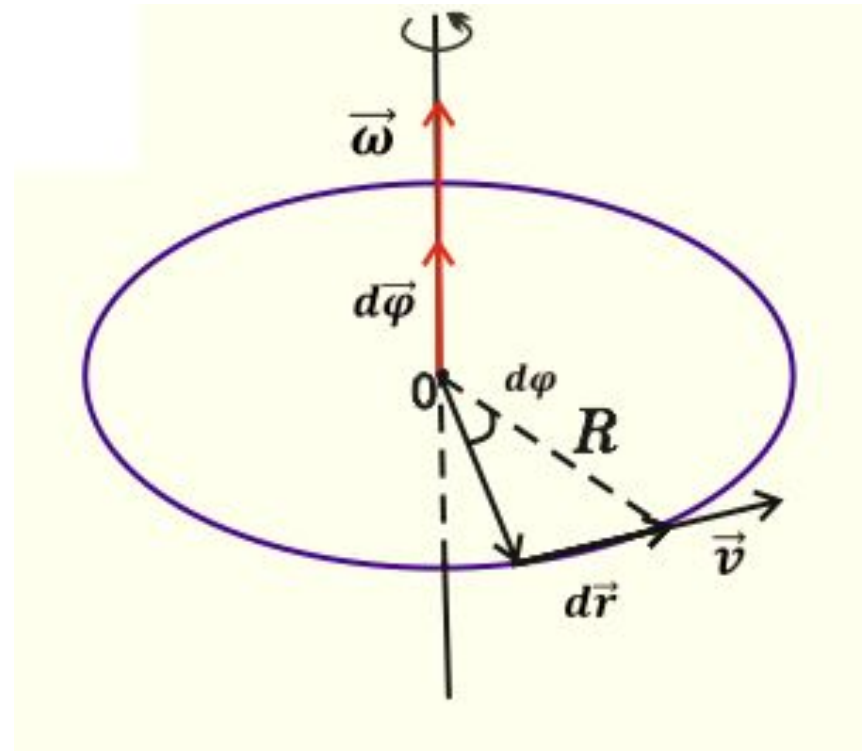
$$v = \frac{dr}{dt} = \frac{R d\varphi}{dt} = \omega R$$

$$v = \omega R$$

В векторной форме:

$$\vec{v} = [\vec{\omega} \vec{R}]$$

$$|\vec{v}| = \omega R \sin(\widehat{\vec{\omega} \vec{R}})$$



# Период и частота вращения

Если  $\omega = \text{const}$ , то вращение **равномерное** и его можно характеризовать периодом вращения.

**Период вращения  $T$**  - время за которое точка совершает один полный оборот, т.е. поворачивается на угол  $2\pi$ .

Т.к.  $\Delta t = T$ ,  $\Delta\varphi = 2\pi$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

**Частота вращения  $\nu$**  – число полных оборотов, совершаемых телом при равномерном движении по окружности в единицу времени.

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\omega = 2\pi\nu$$

# Угловое ускорение

**Угловое ускорение**  $\vec{\varepsilon}$  – векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения угловой скорости.

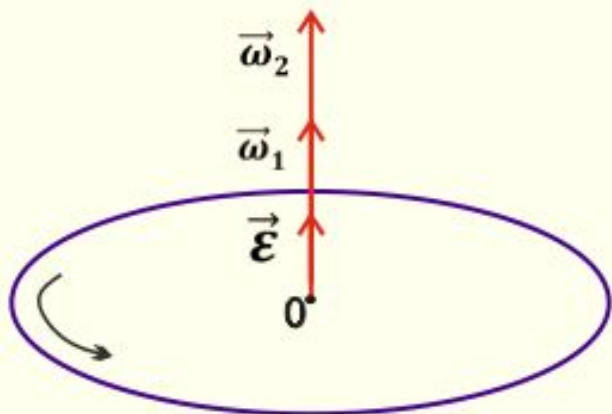
*Единица измерения углового ускорения в СИ*  $[\varepsilon]=1 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$

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

Вектор углового ускорения также как и вектор углового перемещения и угловой скорости является **аксиальным** (направлен вдоль оси вращения).

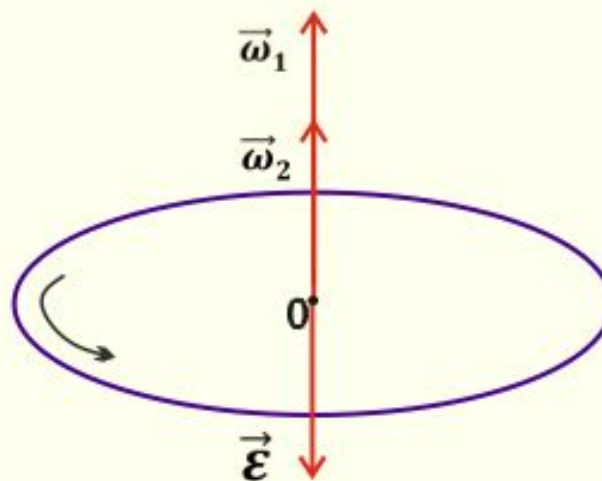
# Направление углового ускорения

**ускоренное  
вращение**



$$\frac{d\vec{\omega}}{dt} > 0$$

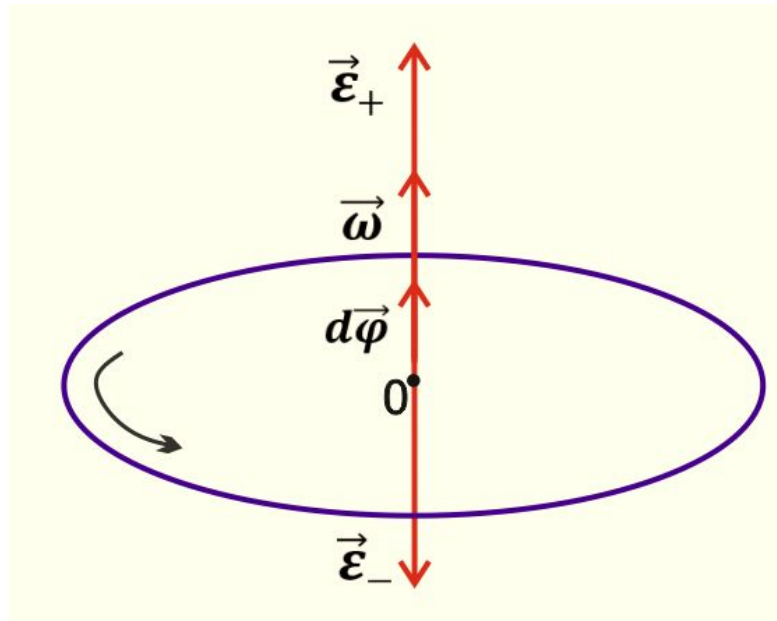
**замедленное вращение**



$$\frac{d\vec{\omega}}{dt} < 0$$

# Направление угловых величин

Все кинематические параметры, характеризующие вращательное движение: **угловое ускорение, угловая скорость и угол поворота** направлены вдоль **оси вращения**.



# Уравнения кинематики вращательного движения

1.  $\varepsilon = 0, \omega = \text{const}$

$$\varphi = \omega \Delta t \quad \text{– равномерное вращение}$$

2.  $\varepsilon = \text{const}$

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2} \\ \omega = \omega_0 \pm \varepsilon t \end{array} \right. \quad \text{– равнопеременное вращение}$$



# Тангенциальное и нормальное ускорения

## 1. Тангенциальное ускорение

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

$$v = \omega R$$

$$a_{\tau} = \frac{d(\omega R)}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\varepsilon$$

## 2. Нормальное ускорение

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$$

# Связь между линейными и угловыми величинами

$$S = R\varphi$$

$$v = R\omega$$

$$a_\tau = R\varepsilon$$

$$a_n = R\omega^2$$

**Поступательное движение**

$$v = \frac{dS}{dt}$$

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} s = v_0 t \pm \frac{at^2}{2} \\ v = v_0 \pm at \end{array} \right.$$

**Вращательное движение**

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

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2} \\ \omega = \omega_0 \pm \varepsilon t \end{array} \right.$$

# Контрольные вопросы

1. Дать определение вращательному движению.
2. Дать определение угловому перемещению и угловой скорости.
3. Какая связь между угловой и линейной скоростью?
4. Дать определение периода и частоты вращения.
5. Дать определение угловому ускорению.
6. Записать уравнения кинематики вращательного движения.
7. Какая связь между линейными и угловыми величинами?

# Литература

1. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. М.: Академия, 2004.- 560с.  
(учебник в pdf-формате:  
<https://fktpm.ru/file/45-kurs-fiziki-trofimova-taisija-ivanovna-ucheb-posobie.pdf>)
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1. Механика, колебания и волны, молекулярная физика. –М.: Наука, Гл.ред.физ.-мат., 2005.-508с.  
(<http://mat.net.ua/mat/biblioteka-fizika/Savelyev-fizika-t1.pdf>)
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. Электричество. –М.: Наука, Гл. ред.физ.-мат., 2005.-426с.  
(<http://mat.net.ua/mat/biblioteka-fizika/Savelyev-fizika-t2.pdf>)
4. Сулеева Л.Б. Электронный учебник. Механика и молекулярная физика. Изд. КазНТУ, 2004г.
5. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики для студентов технических вузов Изд. доп., перераб. - 327 с. {Специалист} СПб:СпецЛит, 2002 г.