



# Движение по окружности

“Практикум по решению теоретических и экспериментальных задач по физике”

*Кустова Евгения Владимировна*

ассистент кафедры общей и экспериментальной физики АлтГУ  
эксперт по проверке ГИА Алтайского края по физики



# Физика

1. Механика (Кинематика, Статика, Динамика, Законы сохранения)
2. Молекулярная физика (Термодинамика, МКТ)
3. Электричество (Электродинамика, Электростатика, Поля)
4. Ядерная и квантовая физика



## Движение по окружности

**Равномерное движение по окружности** – движение, при котором материальная точка за равные интервалы времени проходит равные отрезки дуги окружности, т.е. точка движется по окружности с постоянной по модулю скоростью.

Но можно ли называть движение по окружности “равномерным”?



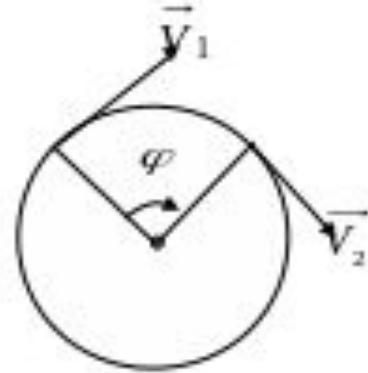
## Движение по окружности

Так как линейная скорость равномерно меняет направление, то движение по окружности **нельзя** назвать равномерным, оно является **равноускоренным**.

## Движение по окружности

В этом случае скорость равна отношению дуги окружности, пройденной точкой ко времени движения, и называется линейной скоростью движения по окружности.

Как и в криволинейном движении вектор скорости направлен по касательной к окружности в направлении движения



$$[v] = l/t \text{ [м/с]}$$



## Угловая скорость

**Угловая скорость в равномерном движении по окружности** – отношение угла поворота радиуса ко времени поворота:

В равномерном движении по окружности угловая скорость постоянна. В СИ угловая скорость измеряется в (рад/с).

Один радиан – рад это центральный угол, стягивающий дугу окружности длиной равной радиусу. Полный угол содержит радиан, т.е. за один оборот радиус поворачивается на угол радиан.

$$\omega = \frac{\varphi}{t};$$



## Период вращения

**Период вращения** – интервал времени  $T$ , в течении которого материальная точка совершает один полный оборот. В системе СИ период измеряется в секундах.

$$T = \frac{t}{N}$$



## Частота вращения

**Частота вращения** – число оборотов , совершаемых за одну секунду. В системе СИ частота измеряется в герцах . Один герц – частота, при которой за одну секунду совершается один оборот.

$$\nu = \frac{1}{T},$$

$$T = \frac{t}{N}$$

$$\nu = \frac{n}{t}$$





## Частота вращения

Зная период и частоту вращения, угловую скорость можно вычислять по формуле:

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



## Связь линейной скорости с угловой

Длина дуги окружности равна  $l = \varphi R$ , где  $\varphi$  - центральный угол, выраженный в радианах, стягивающий дугу  $l$ , а  $R$  - радиус окружности.

**Выразите формулу линейной скорости через угловую**



## Связь линейной скорости с угловой

Часто бывает удобно использовать формулы:

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

**Угловую скорость часто называют циклической частотой и наоборот!**



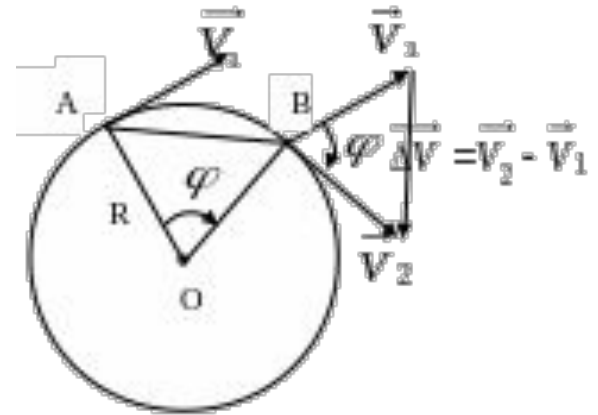
## Центростремительное ускорение

В равномерном движении по окружности модуль скорости остаётся неизменным, а направление её непрерывно меняется. Это значит, что тело, движущееся равномерно по окружности, испытывает ускорение, которое направлено к центру и называется центростремительным ускорением.

## Центростремительное ускорение

Пусть за промежуток времени прошло путь равный дуге окружности АВ.

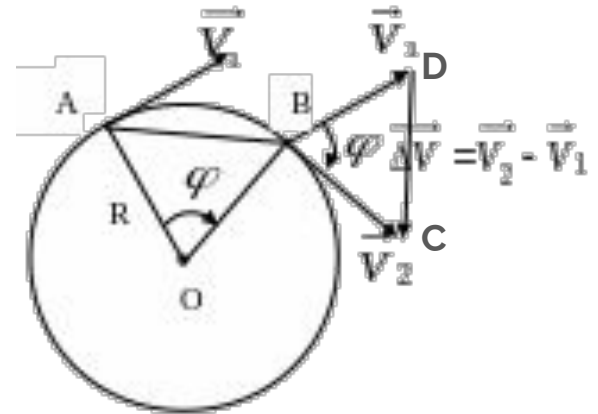
Перенесём вектор  $\vec{V}_1$ , оставляя его параллельным самому себе, так чтобы его начало совпало с началом вектора в точке В. Модуль изменения скорости равен  $\Delta V = |\vec{V}_2 - \vec{V}_1|$ , а модуль центростремительного ускорения равен  $a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ .



## Центростремительное ускорение

На рисунке треугольники AOB и DBC  
равнобедренные и углы при вершинах O и B равны,  
как углы с взаимно перпендикулярными сторонами  
AO и BD, OB и BC. Это значит, что треугольники AOB  
и DBC подобные.

Следовательно  $\frac{\Delta V}{AB} = \frac{AB}{OA}$ .



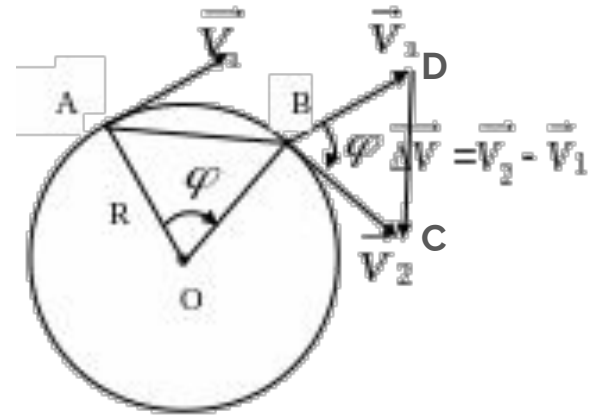
## Центростремительное ускорение

$\Delta t \rightarrow 0$ , то есть интервал времени принимает сколь угодно малые значения, то дугу АВ можно приближенно считать равной хорде АВ, т.е.  $AB \approx V\Delta t$

Поэтому можем записать  $\frac{\Delta V}{V\Delta t} = \frac{BD}{OA}$ .

Учитывая, что  $BD=V$ , а  $AO=R$ , то можем переписать в виде  $\frac{\Delta V}{V\Delta t} = \frac{V}{R}$ .

Умножая обе части последнего равенства на  $V$ , получаем  $\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V^2}{R}$ , а изменение скорости с течением времени - это ускорение.

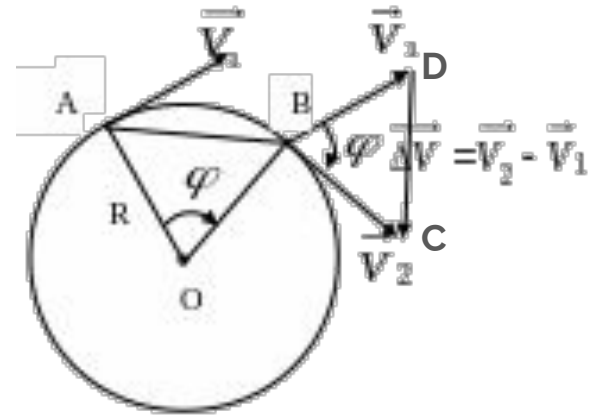


## Центростремительное ускорение

Получим  $a = \frac{V^2}{R}$ . Учитывая, что  $V = \omega R$

получим две часто применяемые формулы:

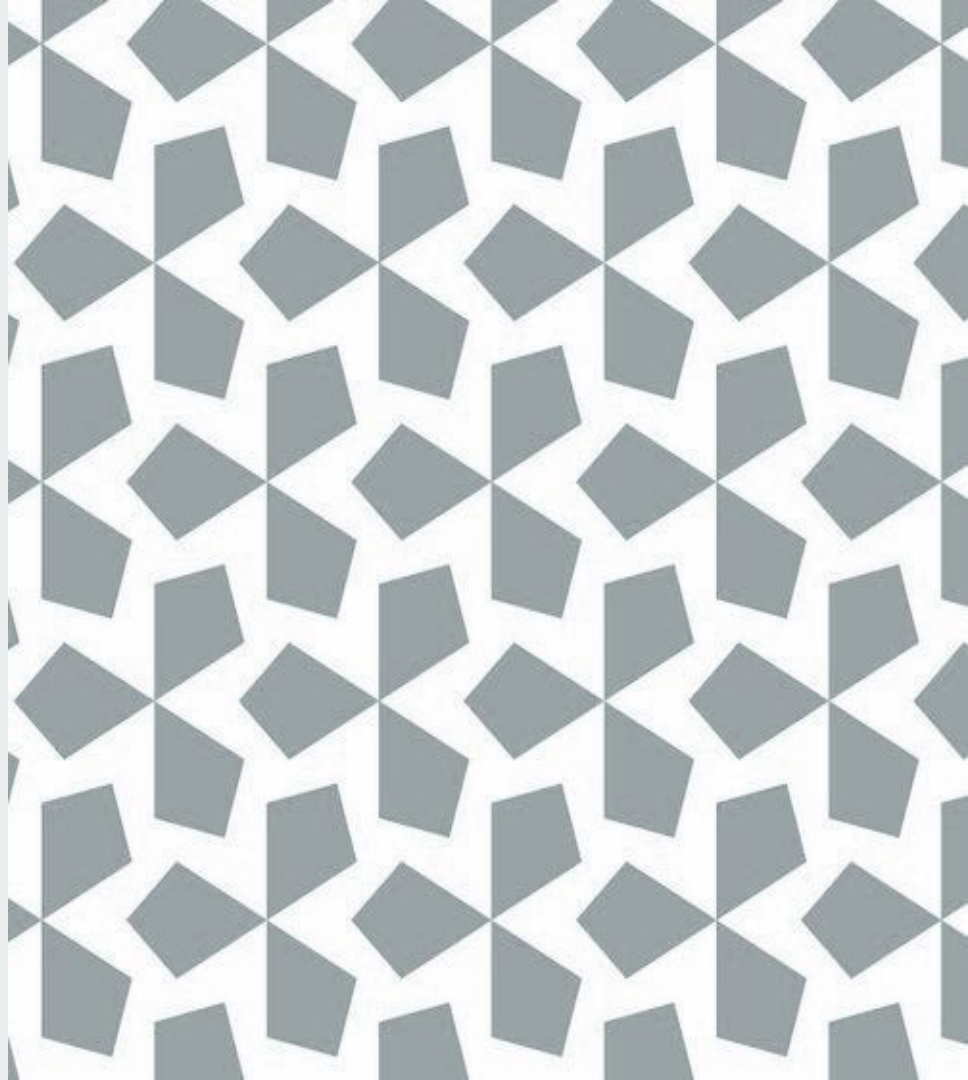
$$a = \omega^2 R \quad a = \omega V$$







## Связь со вторым законом Ньютона






## Связь со вторым законом Ньютона

Согласно второму закону Ньютона причиной любого ускорения является сила. Если движущееся тело испытывает центростремительное ускорение, то природа сил, действием которых вызвано это ускорение, может быть различной. Например, если тело движется по окружности на привязанной к нему веревке, то действующей силой является сила упругости.

Если тело, лежащее на диске, вращается вместе с диском вокруг его оси, то такой силой является сила трения. Если сила прекратит свое действие, то далее тело будет двигаться по прямой



Тело движется по окружности с ускорением 3 метра на секунду в квадрате по окружности радиусом 40 метров. Какова линейная скорость тела?




Тело движется по окружности с ускорением 3 метра на секунду в квадрате по окружности радиусом 40 метров. Какова линейная скорость тела?

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{aR} = \sqrt{40 \cdot 3} = 10,9 \text{ м/с}$$



Минутная стрелка часов в 3 раза длиннее секундной. Найти отношение скоростей концов стрелок



Минутная стрелка часов в 3 раза длиннее секундной. Найти отношение скоростей концов стрелок

$$v_c = \frac{2\pi r_c}{T_c}$$

$$v_m = \frac{2\pi r_m}{T_m}$$

Имеем:

$$v_c/v_m = \frac{2\pi r_c/T_c}{2\pi r_m/T_m} = \frac{r_c T_m}{r_m T_c} = \frac{r_c \cdot 60 T_c}{3 r_c T_c} = 20$$