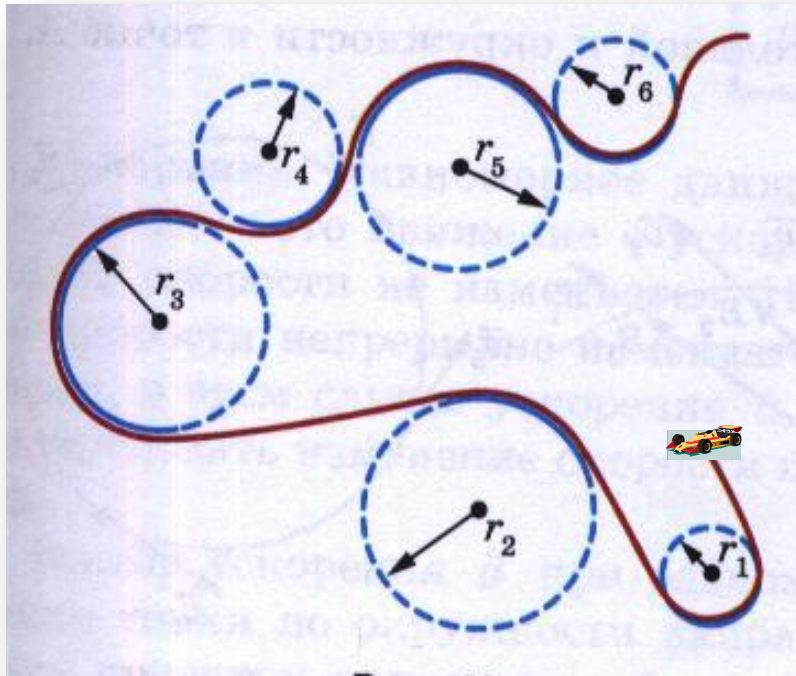


Движение тела по окружности

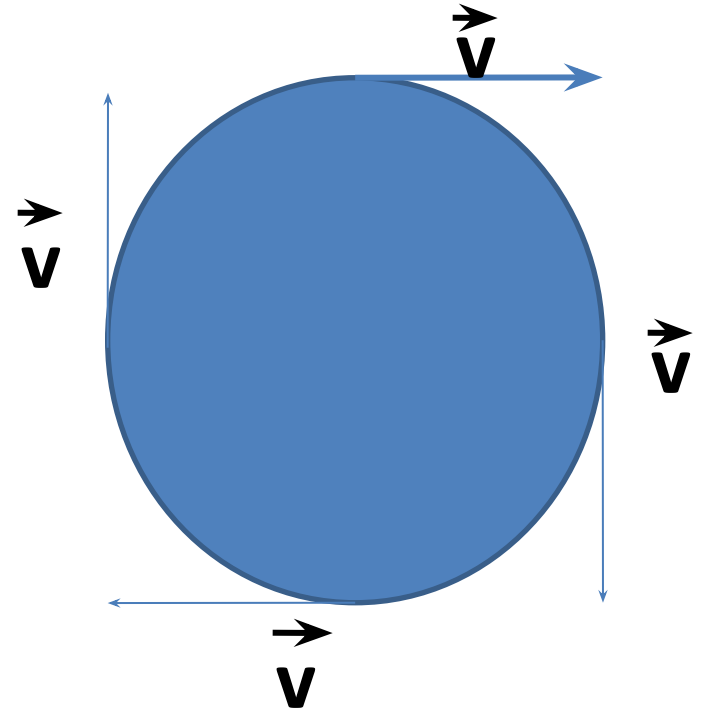


Физика.
9 класс.

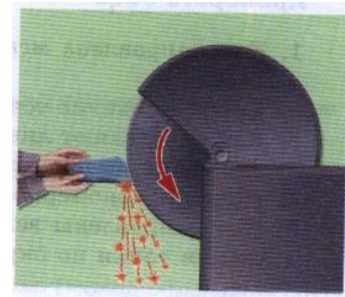
В окружающей нас жизни мы встречаемся с движением по окружности довольно часто. Так движутся стрелки часов и зубчатые колеса их механизмов; так движутся автомобили по выпуклым мостам и на закругленных участках дорог; по круговым орбитам движутся искусственные спутники Земли.



- Криволинейное движение с постоянной по модулю скоростью;
- Вектор скорости при движении тела по окружности направлен по касательной к окружности.



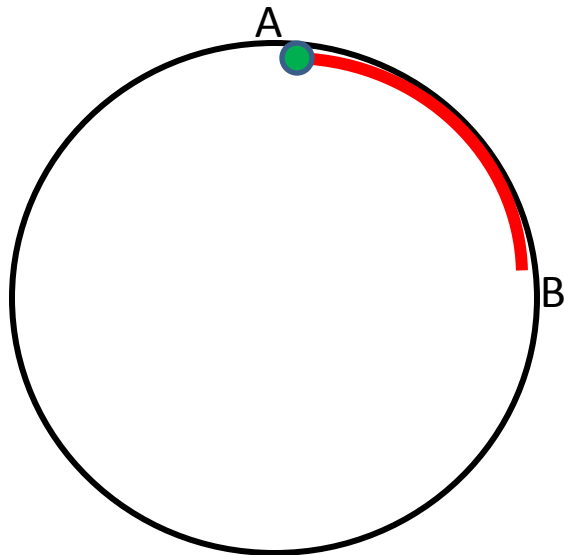
Это нетрудно наблюдать.



Равномерное движение по окружности

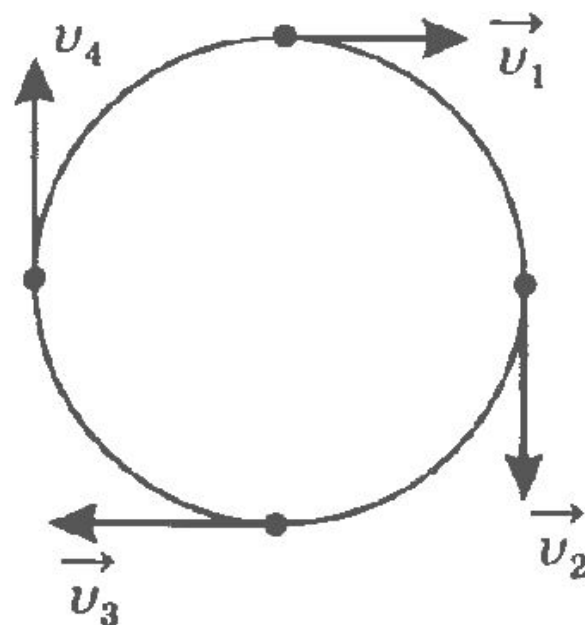
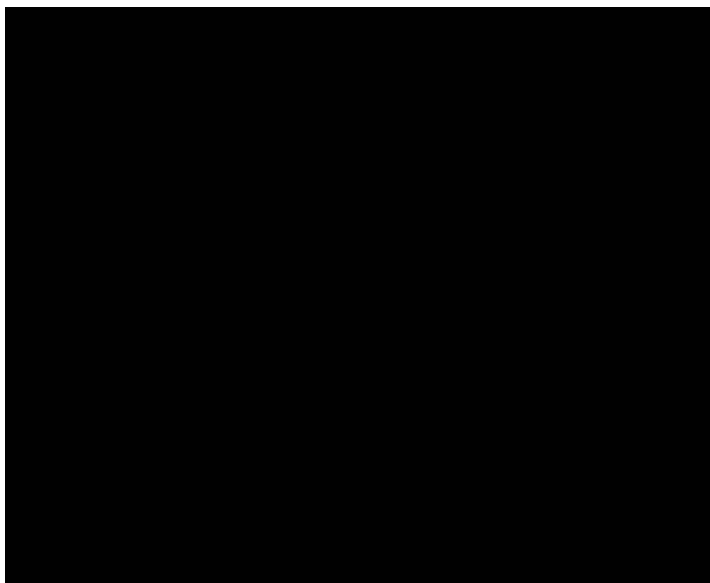
- движение точки по окружности с постоянной по модулю скоростью.

Скорость точки, движущейся по окружности, часто называют *линейной скоростью*. Если точка движется по окружности равномерно и за время t проходит путь L , равный длине дуги АВ, то линейная скорость (ее модуль) равна $V = L/t$



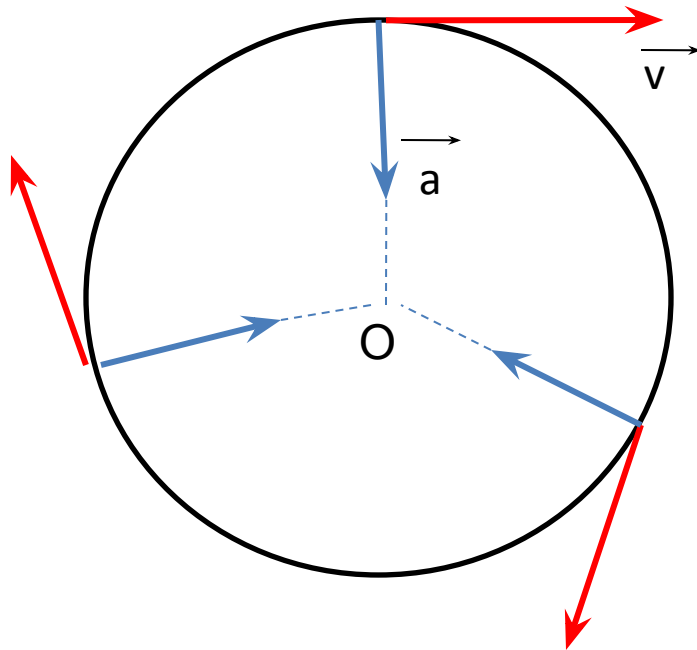
Характеристики

- Линейная скорость $v = \frac{L}{t}$



$$v = \frac{L'}{t} \implies v = \frac{2\pi R}{T}$$

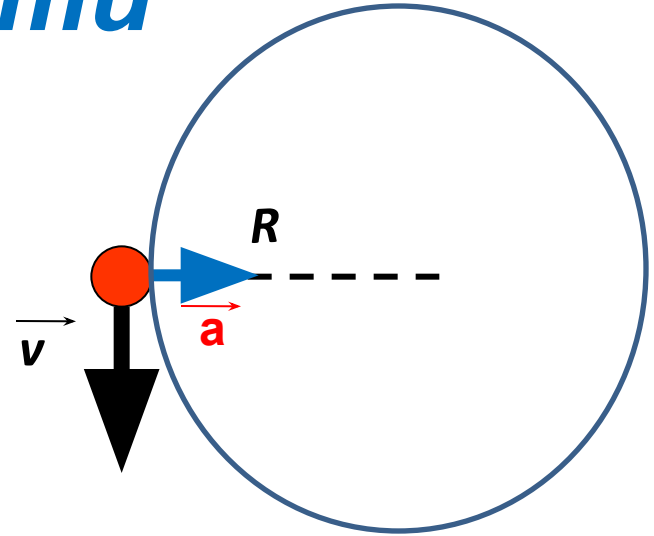
Равномерное движение по окружности – это движение с ускорением, хотя модуль скорости не меняется. Но направление непрерывно изменяется. Следовательно, в этом случае ускорение \vec{a} должно характеризовать изменение скорости по направлению.



Вектор ускорения a при равномерном движении точки по окружности направлен по радиусу к центру окружности, поэтому его называют *центростремительным*.

Равномерное движение по окружности

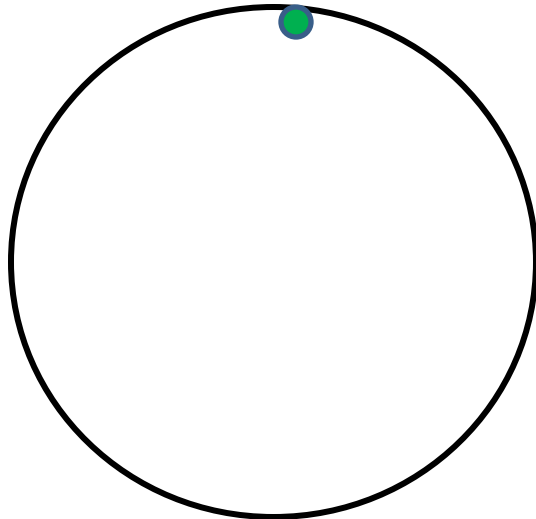
- Движение с ускорением , т.к. скорость меняет направление.
- Ускорение при движении по окружности, которое направлено вдоль радиуса окружности к центру окружности, называется **центростремительным**
- При движении по окружности с постоянной скоростью ускорение по модулю имеет одно и то же значение.



$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}$$

ПЕРИОД ОБРАЩЕНИЯ

Движение тела по окружности часто характеризуют не скоростью движения v , а промежутком времени, за который тело совершает один полный оборот. Эта величина называется *периодом обращения*. Обозначают ее буквой T . При расчетах T выражают в секундах. За время t , равное периоду T , тело проходит путь, равный длине окружности: $L = 2\pi R$.



Следовательно, $v = L/T = 2\pi R/T$.
Подставив это выражение в формулу для ускорения получим для него другое выражение:

$$a = v^2/R = 4\pi^2 R/T^2 .$$

Частота обращения

Движение тела по окружности можно характеризовать еще одной величиной – числом оборотов по окружности в единицу времени. Ее называют *частотой обращения* и обозначают греческой буквой ν (ню).

Частота обращения и период связаны следующим соотношением:

$$\nu = 1/T$$

Единица частоты – это 1/с или Гц.

Используя понятие частоты, получим формулы для скорости и ускорения:

$$v = 2\pi R/T = 2\pi\nu R; \quad a = 4\pi^2 R/T^2 = 4\pi^2\nu^2 R.$$

Период и частота

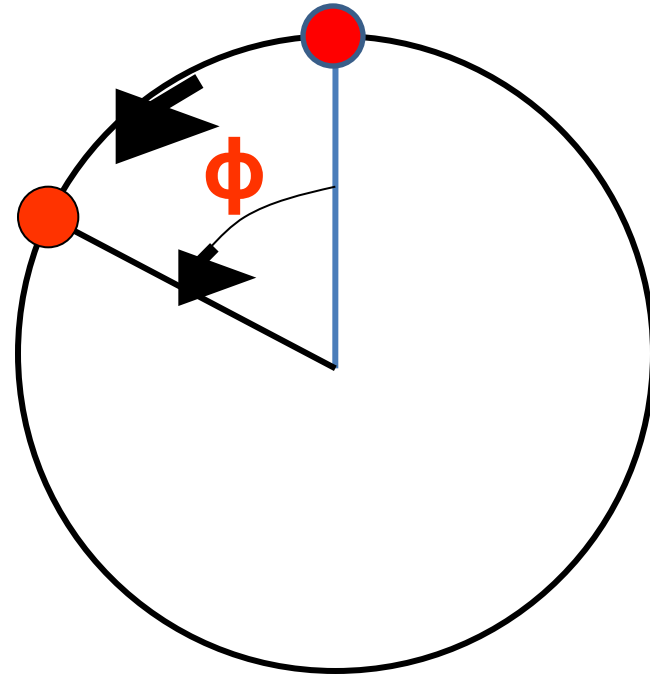
- **Период обращения**
– это промежуток времени T , в течение которого тело (точка) совершает один оборот по окружности.
- Единица измерения периода - секунда
- **Частота вращения n** – число полных оборотов в единицу времени.
- Единица измерения частоты $[n] = \text{с}^{-1} = \text{Гц}$.

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

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

Угловая скорость

- Угловая скорость (циклическая частота) - число оборотов за единицу времени выраженное в радианах.



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

Кинематика движения по окружности

- Линейная скорость

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

$$v = \omega \cdot R$$

- Ускорение

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

$$a = \omega^2 \cdot R$$

- Угловая скорость

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

$$\omega = 2\pi n$$

Формулы

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

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

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

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

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

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

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

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

Центростремительная сила

- Сила, удерживающая вращающееся тело на окружности и направленная к центру вращения, называется центростремительной силой.

$$F_{ц} = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Величина	Определение	Формулы связи	Единица измерения	Особенности
Период	$T=t/N$	$T=2\pi R/v$ $T=1/n$	с	Меньше для больших скоростей
Частота	$n= N/t$	$n= 1/T$	c^{-1}	Обороты в секунду
Линейная скорость	$v=2\pi R/T$	$v= \omega R$	м/с	Увеличивается с возрастанием частоты
Угловая скорость	$\omega=\phi/t$	$\omega=2\pi /T$	рад/с	Угол поворота за 1 секунду
Центростремительное ускорение	$a=v^2 /R$	$a=4\pi^2 R/T^2$	м/с ²	Больше при малых R и при больших v

Задача №1

- Автомобиль движется по закруглению дороги, радиус которой равен 20 м. Определите скорость автомобиля, если центростремительное ускорение равно 5 м/с^2 .
- Дано:
- Решение:

Задача №1

- Автомобиль движется по закруглению дороги, радиус которой равен 20 м. Определите скорость автомобиля, если центростремительное ускорение равно 5 м/с^2 .

- Дано:

$$\begin{array}{l} R = 20 \text{ м} \\ a_{\text{ц}} = 5 \text{ м/с}^2 \\ \hline v = ? \end{array}$$

- Решение:

$$a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{a_{\text{ц}} R} = \sqrt{20 \text{ м} \cdot 5 \text{ м/с}^2} = 10 \text{ м/с}.$$

- Ответ: 10 м/с.

Задача №2

- Линейная скорость конца минутной стрелки Кремлевских курантов равна 6 мм/с. Определите длину минутной стрелки.
- Дано:

Задача №2

- Линейная скорость конца минутной стрелки Кремлевских курантов равна 6 мм/с. Определите длину минутной стрелки.

- Дано:
- $v=6\text{мм/с}$

Найти : l -?

Решение :

длина минутной стрелки — это радиус окружности, которую описывает эта стрелка при своем движении $l=R$
один оборот стрелка делает за время $t=T=1\text{ч}=3600\text{с}$

$$v = 2\pi R \cdot n; \quad n = \frac{1}{T}; \quad \Rightarrow v = \frac{2\pi R}{T}; \quad \Rightarrow l = R = \frac{v \cdot T}{2\pi}.$$

$$l = \frac{6 \text{ мм/с} \cdot 3600 \text{ с}}{2 \cdot 3,14} = 3439,49 \text{ мм} \approx 3,44 \text{ м}.$$

Ответ: 3,44 м

Задача №3

- Во сколько раз линейная скорость точки обода колеса радиусом 8 см больше линейной скорости точки, расположенной на 3 см ближе к оси вращения колеса?

- Дано:

$$r_1 = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ м}$$

$$r_2 = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$v_1/v_2 = ?$$

- Решение:

$$v_1 = 2\pi r_1 n_1; \quad v_2 = 2\pi r_2 n_2.$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{2\pi r_1 n_1}{2\pi r_2 n_2} = \frac{r_1}{r_2}; \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{0,08 \text{ м}}{0,05 \text{ м}} = 1,6.$$

- линейная скорость точки обода колеса радиусом 8 см в 1,6 раза больше точки, расположенной на 3 см ближе к оси вращения.
- Ответ : в 1,6 раза.

Задача №3

- Во сколько раз линейная скорость точки обода колеса радиусом 8 см больше линейной скорости точки, расположенной на 3 см ближе к оси вращения колеса?

• Дано:

• Решение:

Задача №4

- Вентилятор вращается с постоянной скоростью и за две минуты совершает 2400 оборотов. Определите частоту вращения вентилятора, период обращения и линейную скорость точки, расположенной на краю лопасти вентилятора на расстоянии 10 см от оси вращения.

- Дано:

Решение:

Задача №4

- Вентилятор вращается с постоянной скоростью и за две минуты совершает 2400 оборотов. Определите частоту вращения вентилятора, период обращения и линейную скорость точки, расположенной на краю лопасти вентилятора на расстоянии 10 см от оси вращения.

- Дано:
 $t=2\text{мин}=120\text{с}$
 $N=2400$
 $r=10\text{см}=0,01\text{м}$

n - ? T -? v -?

Решение:

$$n = \frac{N}{t}; \quad n = \frac{2400}{120\text{с}} = 20 \frac{1}{\text{с}} = 20 \text{ Гц};$$

$$T = \frac{1}{n}; \quad T = \frac{1}{20 \text{ Гц}} = 0,05 \text{ с}; \quad v = 2\pi r n;$$

$$v = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 20 \frac{1}{\text{с}} = 12,56 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 12,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ : 20 с⁻¹; ≈0,05 с; 12,6 м/с.

Задача №5

- Велосипедист ехал со скоростью 25,2 км/ч. Сколько оборотов совершило колесо диаметром 70 см за 10 мин?

- Дано:

- Решение:

Задача №5

- Велосипедист ехал со скоростью 25,2 км/ч. Сколько оборотов совершило колесо диаметром 70 см за 10 мин?
- Ответ : 1910

- Дано:

$$\begin{aligned}v &= 25,2 \text{ км/ч} = \\ &= 25,2 \cdot \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = \\ &= 7 \text{ м/с} \\ d &= 70 \text{ см} = 0,7 \text{ м} \\ t &= 10 \text{ мин} = 600 \text{ с} \\ N &= ?\end{aligned}$$

- Решение: количество оборотов колеса находим как отношение расстояния, которое проехал велосипедист за 10 минут, к длине окружности колеса:

$$N = s/l; \quad s = v \cdot t; \quad l = 2\pi r = \pi d.$$

$$N = \frac{v \cdot t}{\pi d}; \quad N = \frac{7 \text{ м/с} \cdot 600 \text{ с}}{3,14 \cdot 0,7 \text{ м}} = 1910.$$

Самостоятельная работа

1 вариант

1. С каким периодом должна вращаться карусель радиусом 6,4 м для того, чтобы центростремительное ускорение человека на карусели было равно 10 м/с^2 ?
2. На арене цирка лошадь скачет с такой скоростью, что за 1 минуту обегает 2 круга. Радиус арены равен 6,5 м. Определите период и частоту вращения, скорость и центростремительное ускорение.

2 вариант

1. Частота обращения карусели $0,05 \text{ с}^{-1}$. Человек, вращающийся на карусели, находится на расстоянии 4 м от оси вращения. Определите центростремительное ускорение человека, период обращения и угловую скорость карусели.
2. Точка обода колеса велосипеда совершает один оборот за 2 с. Радиус колеса 35 см. Чему равно центростремительное ускорение точки обода колеса?

Использованные источники

- Сборник задач по физике 7-9, Лукашик В. И., Иванова Е.В..
- (задачи №161,162,163,165,167)