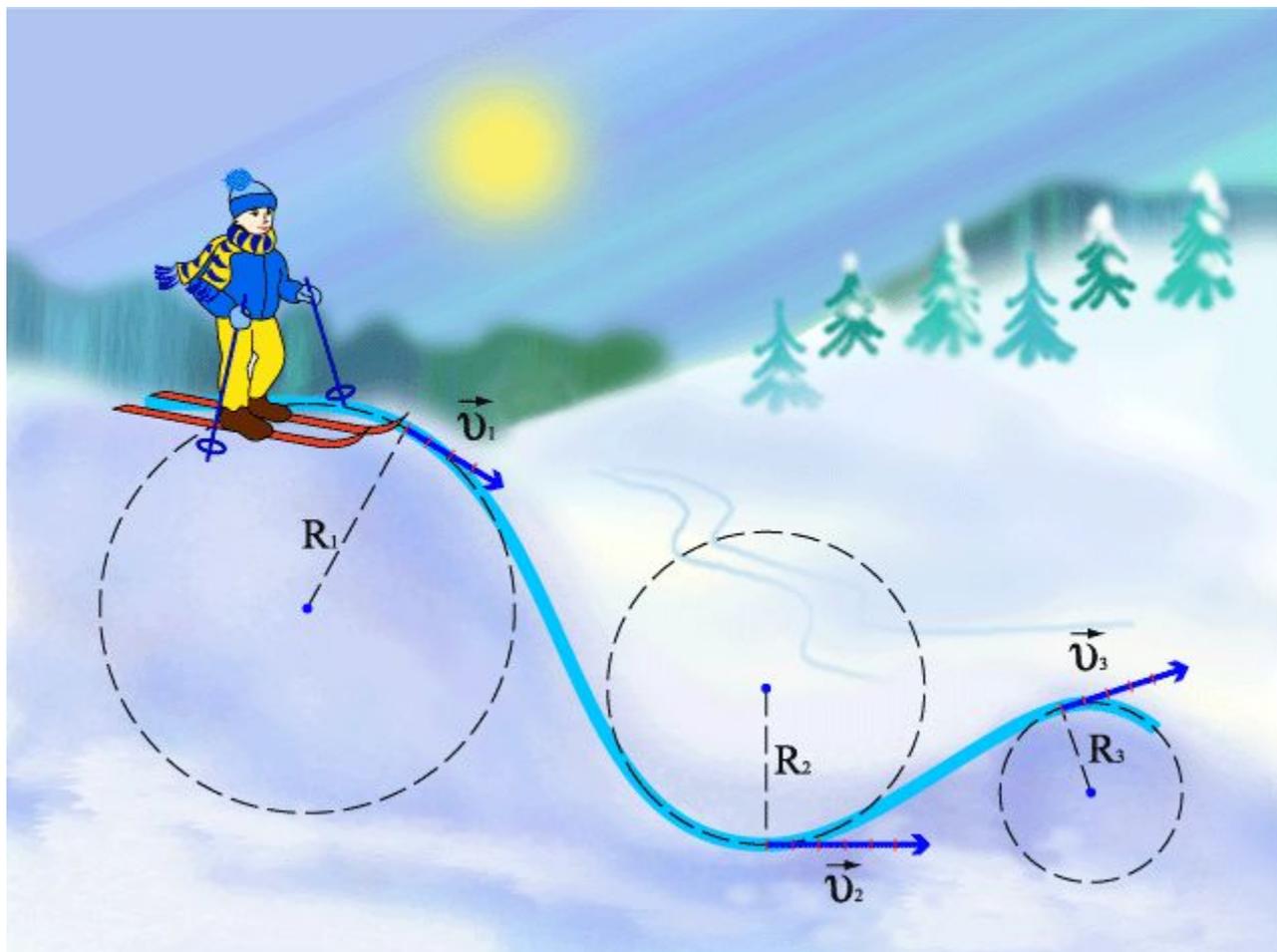


AMUSEMENT PARKS



**Цель - определять величины
характеризующие криволинейное
движение.**

Криволинейное движение – движение по кривой траектории.



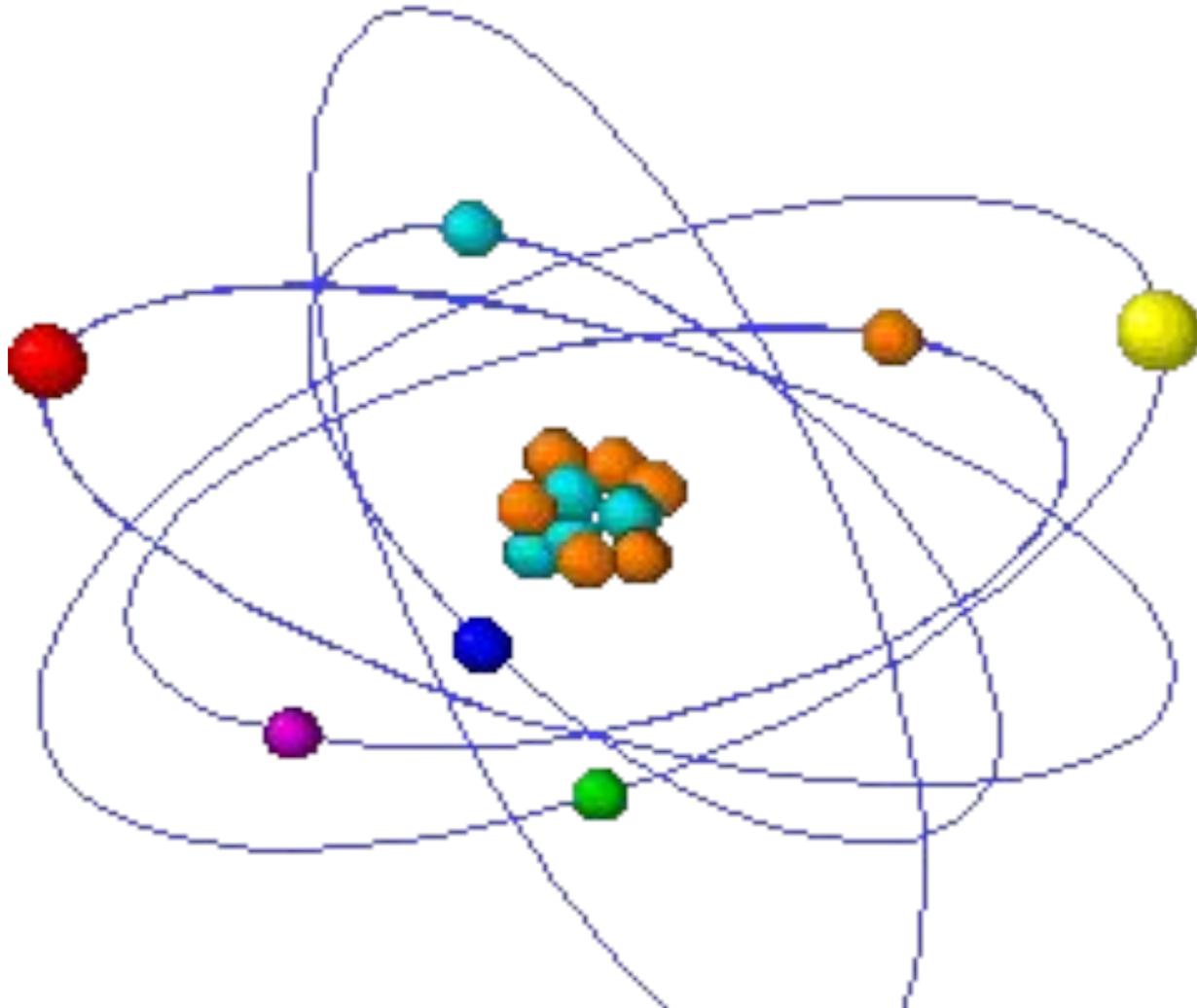
Примеры криволинейного движения, с которыми мы встречаемся в жизни



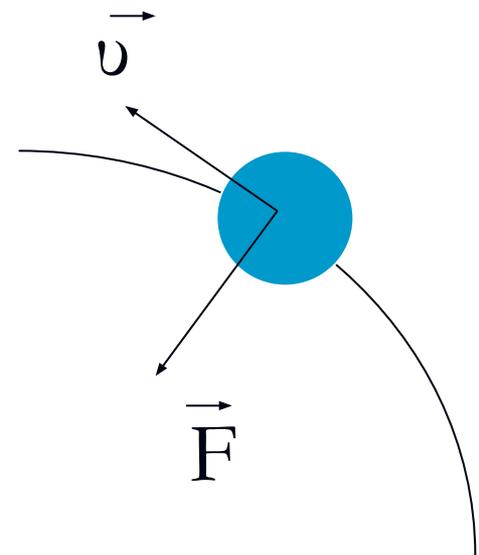
Примеры криволинейного движения, с которыми мы встречаемся в жизни



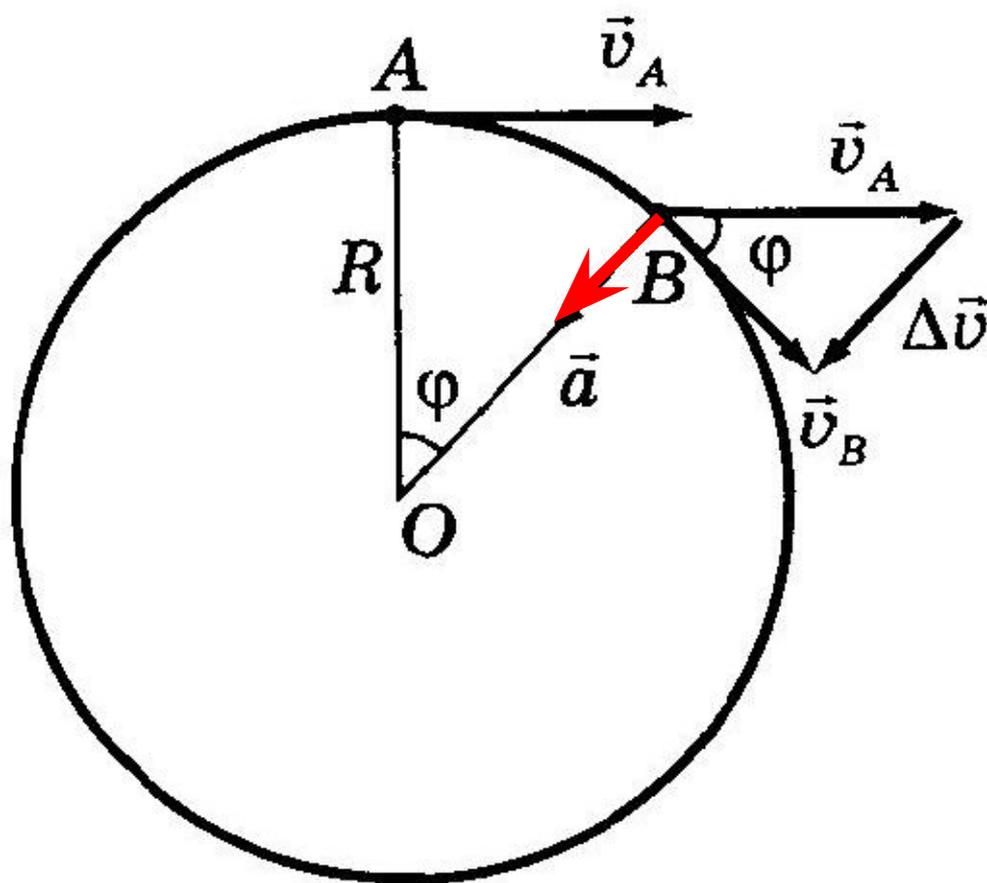
Примеры криволинейного движения, с которыми мы встречаемся в жизни



- Криволинейное движение - это всегда движение с ускорением под действием силы, при этом вектор скорости непрерывно меняется по направлению.
- **Условие криволинейного движения:** вектор скорости тела и действующей на него силы направлены вдоль пересекающихся прямых.



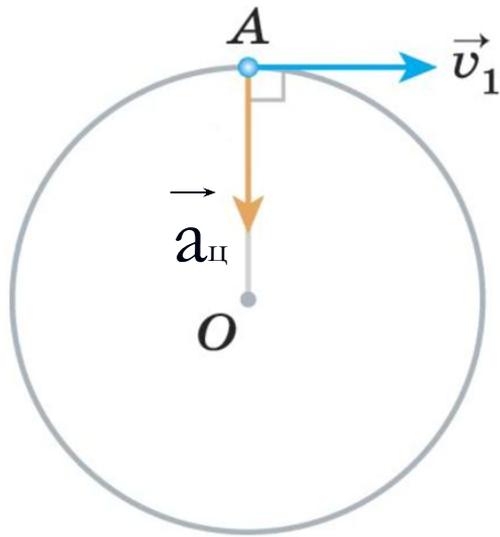
Равномерное движение тела по окружности -
это движение по окружности с постоянной по
модулю скоростью. Меняется только направление
скорости.



$$|\vec{v}| = \text{Const}$$

$$\vec{a} \parallel \vec{a}$$

Нормальное (центростремительное) ускорение - это ускорение, которое возникает при движении по окружности (или части окружности), всегда направлено по радиусу к центру окружности



$$[a_n] = [a_ц] = \left[\frac{M}{c^2} \right]$$

$$a_ц = \frac{v^2}{R}$$

$$\vec{a}_ц \perp \vec{v}$$

Вращательное движение – это движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой, являющейся осью вращения.

При вращательном движении различные точки тела описывают *различные траектории*, движутся с *различными линейными скоростями и ускорениями*, за равные промежутки времени совершают *различные перемещения* и проходят *различные пути*.

Одинаковыми для всех точек тела являются угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение.

ХАРАКТЕРИСТИКИ

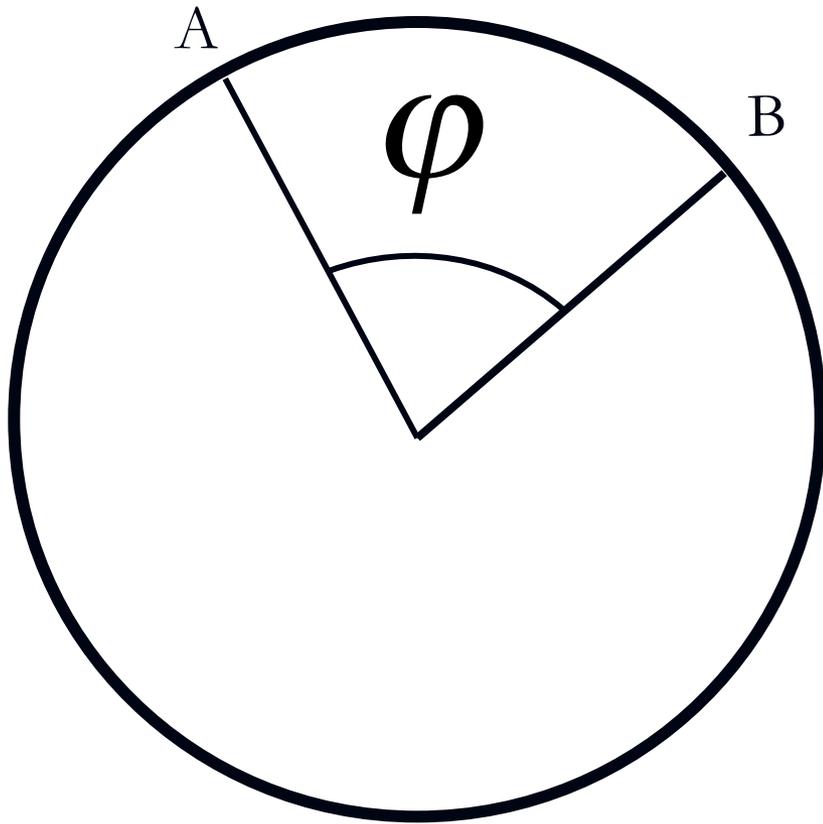
1. **Период T** – минимальный промежуток времени, за который тело делает один полный оборот.

$$T = \frac{t}{n} = \frac{1}{\nu} \quad [T] = [c]$$

2. **Частота ν** – число оборотов за единицу времени.

$$\nu = \frac{n}{t} = \frac{1}{T} \quad [\nu] = \left[\frac{\text{об}}{c} \right] = [c^{-1}] = [Гц]$$

3. φ - **угловое перемещение (или угол поворота)** – это угол, на который поворачивается тело за данный промежуток времени.



$$\varphi = 2\pi$$

за один период

$$[\varphi] - \text{рад}$$

$$180^{\circ} = \pi (\text{рад})$$

$$90^{\circ} = \frac{\pi}{2} (\text{рад})$$

$$1^{\circ} = \frac{\pi}{180} (\text{рад})$$

4. **Линейная скорость v**

$$[v] = \left[\frac{m}{c} \right]$$

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R\nu \quad v = \frac{S}{t} = \frac{\varphi R}{t} = \omega \cdot R$$

5. **Угловая скорость ω** – физическая величина, показывающая изменение угла поворота в единицу времени.

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad [\omega] = \left[\frac{rad}{c} \right]$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \quad \omega = \frac{v}{R}$$

6. Нормальное (центростремительное) ускорение

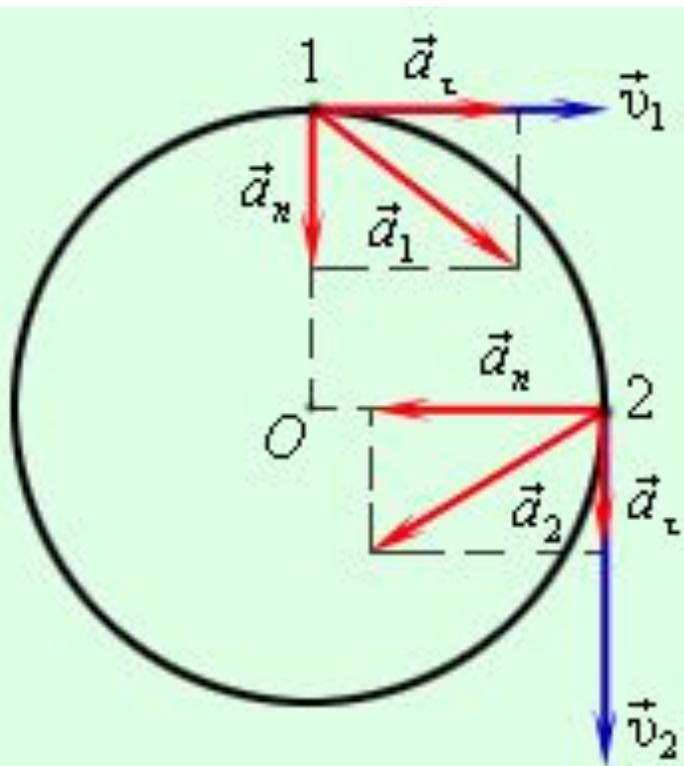
$$[a_n] = [a_{ц}] = \left[\frac{M}{c^2} \right] \quad a_{ц} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = v \cdot \omega$$

$$a_{ц} = 4\pi^2 R v^2 = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

7. Касательное (тангенциальное, линейное) ускорение

$$[a_{\tau}] = \left[\frac{M}{c^2} \right] \quad a_{\tau} = a_{\kappa} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Полное ускорение при движении по окружности представляет собой векторную сумму тангенциального и нормального ускорений.



$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$

$$a_\tau = a_\kappa = \frac{v - v_0}{\Delta t}$$

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

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$

8. **Угловое ускорение ε** - физическая величина, определяемая изменением угловой скорости, совершенным в единицу времени. Возникает в процессе вращения, когда угловая скорость меняется $\omega \neq Const$. Такое движение называется **переменным вращательным движением**.

$$[\varepsilon] = \left[\frac{\text{рад}}{c^2} \right]$$

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{a_\tau}{R}$$

Если точка тела за равные промежутки времени совершает одинаковые угловые перемещения, то такое **вращательное движение называется равномерным**, т.е.

$$\omega = \text{Const}$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t$$

- уравнение равномерного вращательного движения

Если точка тела за равные промежутки времени изменяет свою угловую скорость на одну и ту же величину, то такое **вращательное движение называется равнопеременным**, т. е. $\varepsilon = Const$

$$\omega = \pm \omega_0 \pm \varepsilon t$$

- уравнение угловой скорости

$$\varphi = \varphi_0 \pm \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$$

- уравнение углового перемещения

$$\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{\pm 2\varepsilon}$$

Задача 1. С какой линейной скоростью фокусник бросил шляпу, если 14 витков веревки радиусом 0,2 м размотались за 2 секунды?

$$v - ?$$

$$t = 2\text{с}$$

$$N = 14$$

$$R = 0,2\text{м}$$

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

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi RN}{t};$$

$$v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 14}{2} = 8,792\text{м/с} \approx 8,8\text{м/с}$$

Ответ : 8,8м,8

Задача 2. При увеличении в 4 раза радиуса круговой орбиты искусственного спутника Земли период его обращения увеличивается в 8 раз. Во сколько раз изменяется скорость движения спутника по орбите?

$$\frac{v_1}{v_2} = ?$$

$$R_1$$

$$R_2 = 4R_1$$

$$T_1$$

$$T_2 = 8T_1$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{2\pi R_1}{T_1}}{\frac{2\pi R_2}{T_2}} = \frac{2\pi R_1}{T_1} \cdot \frac{T_2}{2\pi R_2} = \frac{R_1}{T_1} \cdot \frac{8T_1}{4R_1} = 2$$

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

$$\frac{v_c}{v_m} = ?$$

$$R_c$$

$$R_m = 3R_c$$

$$T_c = 60$$

$$T_m = 3600$$

$$\frac{v_c}{v_m} = \frac{2\pi R_c \cdot T_m}{T_c \cdot 2\pi R_m} = \frac{R_c \cdot 3600}{60 \cdot 3R_c} = 20$$

$$\frac{v_c}{v_m} = 20$$

$$v_m$$