

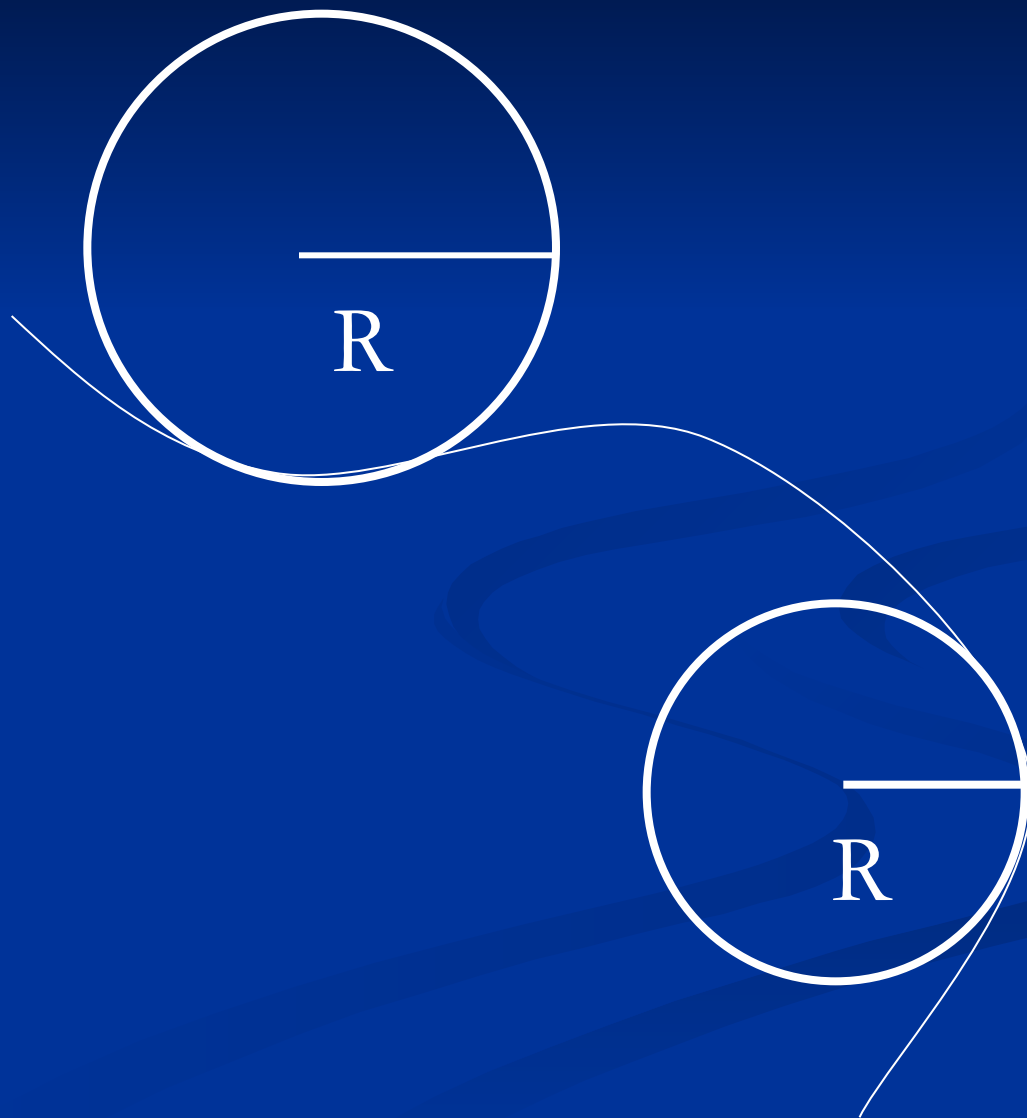
# Криволинейное движение

*МОУ СОШ № 40 г. Перми  
учитель физики Гученко Г.В.*

[900igr.net](http://900igr.net)

[gcon11@pstu.ru](mailto:gcon11@pstu.ru)

Криволинейное движение – движение по кривой.



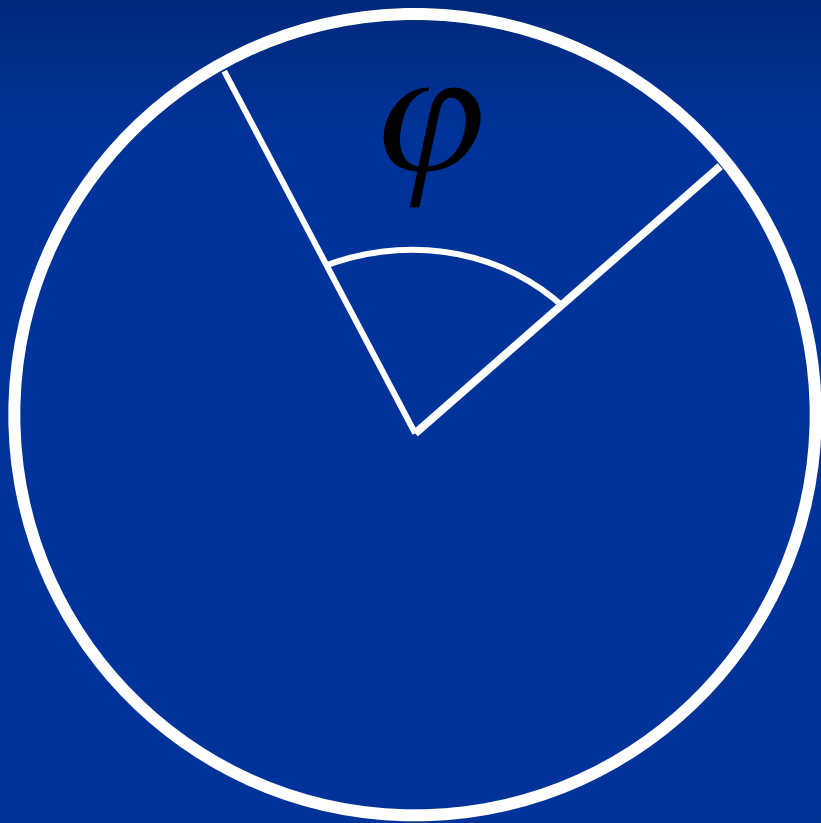
# Равномерное движение тела по окружности

# ХАРАКТЕРИСТИКИ

1. Угловое перемещение  $\varphi$
2. Период обращения  $T$
3. Частота обращения  $\nu$
4. Линейная скорость  $V$
5. Угловая скорость  
(циклическая частота).  $\omega$
6. Центробежное  
ускорение  $a$

$\varphi$  - угловое перемещение

$[\varphi]$  – рад

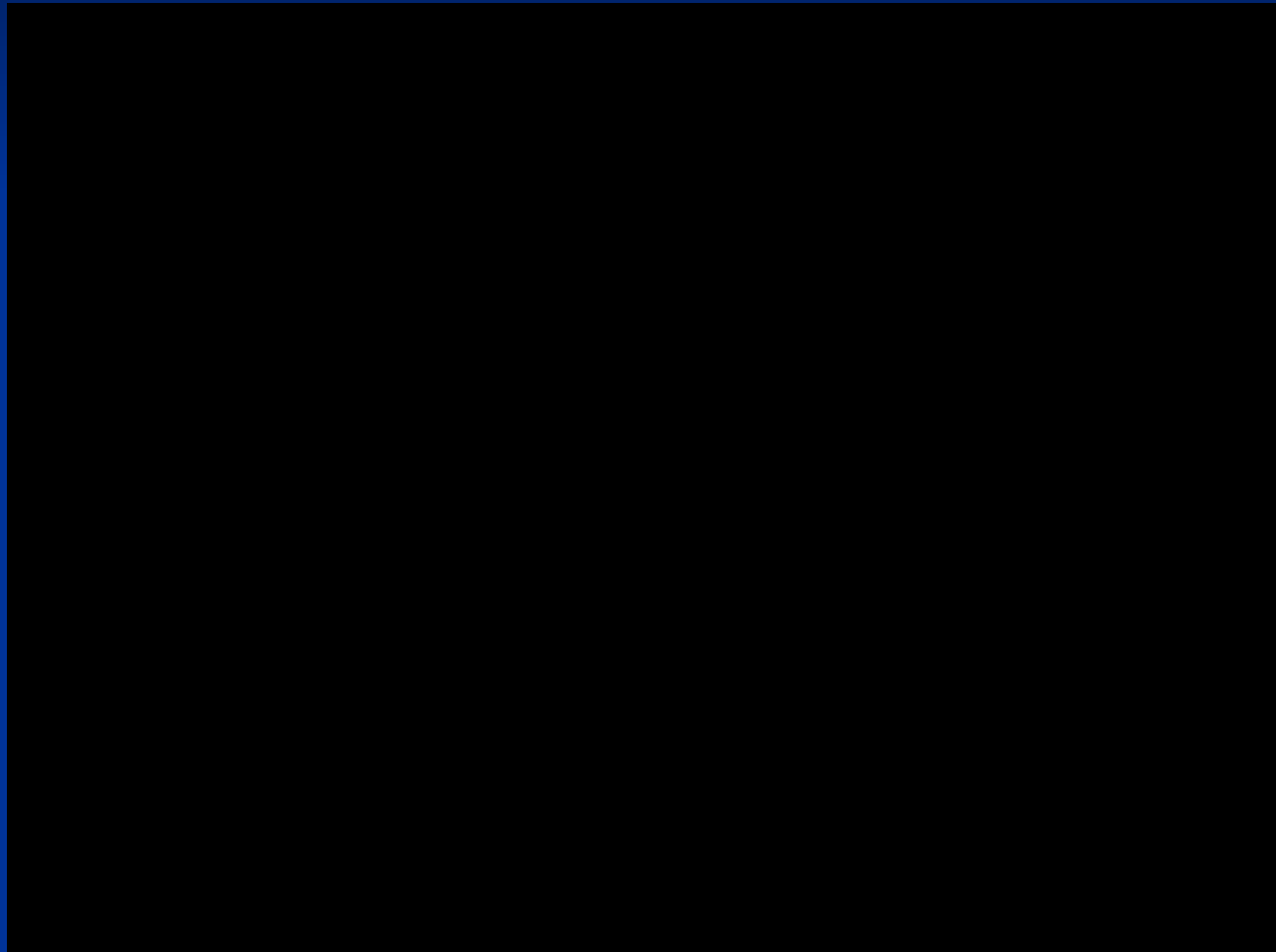


за один период

$$\varphi = 2\pi$$

**Радян** – угол между двумя радиусами, длина дуги между которыми равна радиусу.

Как известно, год на Земле длится примерно 365 дней и соответствует периоду обращения Земли вокруг Солнца. Период обращения  $T$  - это время одного оборота.



*Период обращения  $T$*  – это промежуток времени, в течение которого материальная точка совершает один оборот при равномерном движении по окружности.

$$[T] = 1c$$

$t$  – время обращения;

$N$  – число оборотов

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

**Частота обращения**  $\nu$  – это число оборотов, совершаемых материальной точкой при равномерном движении по окружности за единицу времени.

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

$$[\nu] = 1 \text{ об} / \text{с} = 1 \text{ с}^{-1} = 1 \text{ Гц}$$



С какой частотой вращался волк вокруг перекладины, если за 3 секунды он совершил 8 полных оборотов?



## Решение

$$t = 3c$$

$$N = 8$$

$$v = ?$$

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

$$v = \frac{8}{3} \approx 2,7 \text{ Гц}$$

Ответ :  $v = 2,7 \text{ Гц}$

Период в случае равномерного кругового движения будет равен отношению длины окружности к скорости, с которой движется тело:

$$l = 2\pi R$$

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

Линейная  
скорость

**Линейная** скорость показывает путь, пройденный телом за единицу времени.

$$[V] = \text{м} / \text{с}$$

Оцените зависимость частоты шагов бегущего волка  $\nu$  от частоты вращения колес троллейбуса  $\omega$ , если длина шага волка  $l$ , а диаметр колеса троллейбуса  $d$ .



## Решение

Дано :

$$V_{\text{волка}} = V_{\text{трол}};$$

$d$

$$V_{\text{волка}} = \frac{S}{t}; S - \text{ пройденный путь; } t - \text{ время движения}$$

$l$

$$\frac{V_{\text{волка}}}{V_{\text{трол}}} = ?$$

$$V_{\text{трол}}$$

$N$  – число шагов

$$N = \frac{S}{l};$$

$$v = \frac{N}{t} = \frac{S}{lt} = \frac{V_{\text{волка}}}{l};$$

$$V_{\text{волка}} = v_{\text{волка}} \cdot l;$$

$$V_{\text{трол}} = 2\pi R v = \pi d v_{\text{трол}};$$

$$V_{\text{трол}} \cdot \pi d = v_{\text{волка}} \cdot l;$$

$$V_{\text{волка}} = \frac{V_{\text{трол}} \cdot \pi d}{l}$$

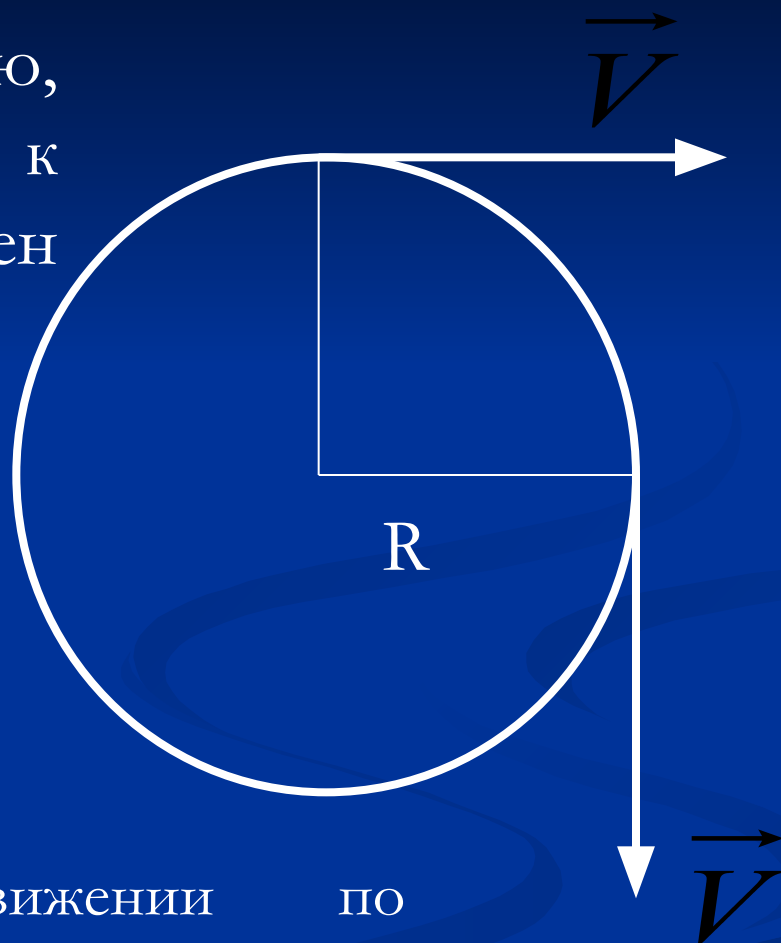


Вектор линейной скорости не изменяется по модулю, направлен по касательной к окружности, перпендикулярен радиусу.

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

$$[V] = \text{м/с}$$

При равномерном движении по окружности неизменным остаётся лишь модуль линейной скорости, направление её, напротив, изменяется непрерывно.



С какой линейной скоростью волк бросил шляпу, если 14 витков веревки радиусом 0,2 м размотались за 2 секунды?



*Дано :*

$$t = 2c$$

$$N = 14$$

$$R = 0,2m$$

---

$$V - ?$$



# Решение

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

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

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

Ответ:  $V = 8,8 \text{ м/с}$

С какой линейной скоростью должна скакать лошадь, чтобы один круг по арене диаметром 13 м она проскакала за 9,8 секунды?



*Дано :*

$$T = 9,8c$$

$$d = 13m$$

$V - ?$

$$V = \frac{2\pi \frac{d}{2}}{T};$$

$$V = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{13}{2}}{9,8} = 4,17m/c$$

*Ответ :  $V = 4,17m/c$*

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

Дано:

Решение:

$$R_1$$

$$R_2 = 4R_1$$

$$T_1$$

$$T_2 = 8T_1$$

$$\frac{V_2}{V_1} = ?$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{2\pi R_1}{T_1}}{\frac{2\pi R_2}{T_2}} = \frac{2\pi R_1}{T_1} \cdot \frac{T_2}{2\pi R_2} = \frac{R_1}{T_1} \cdot \frac{8T_1}{4R_1} = 2$$

Ответ: уменьшается в 2 раза

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

Дано:

Решение :

$$R_c$$

$$R_m = 3R_c$$

$$T_c = 60$$

$$T_m = 3600$$

$$\frac{V_c}{V_m} = ?$$

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

Ответ:  $\frac{V_c}{V_m} = 20$

# Угловая скорость

Движение по окружности характеризуется также угловой скоростью  $\omega$ .

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

За один период

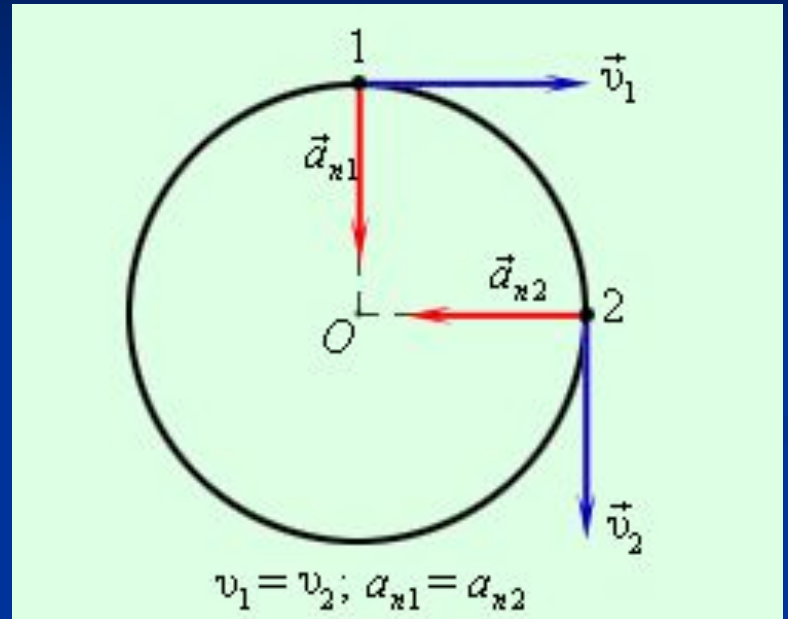
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

$$\frac{V}{\omega} = R$$

$$[\omega] = \text{рад} / \text{с}$$

# Центростремительное ускорение

При равномерном движении со скоростью  $v$  по окружности радиуса  $R$  ускорение (центростремительное ускорение) постоянно по модулю:



но изменяется по направлению, оставаясь все время направленным к центру окружности. Скорость материальной точки при этом все время направлена по касательной к окружности.

Ускорение прямо пропорционально скорости движения и обратно пропорционально радиусу.

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

$$a = \omega^2 R$$



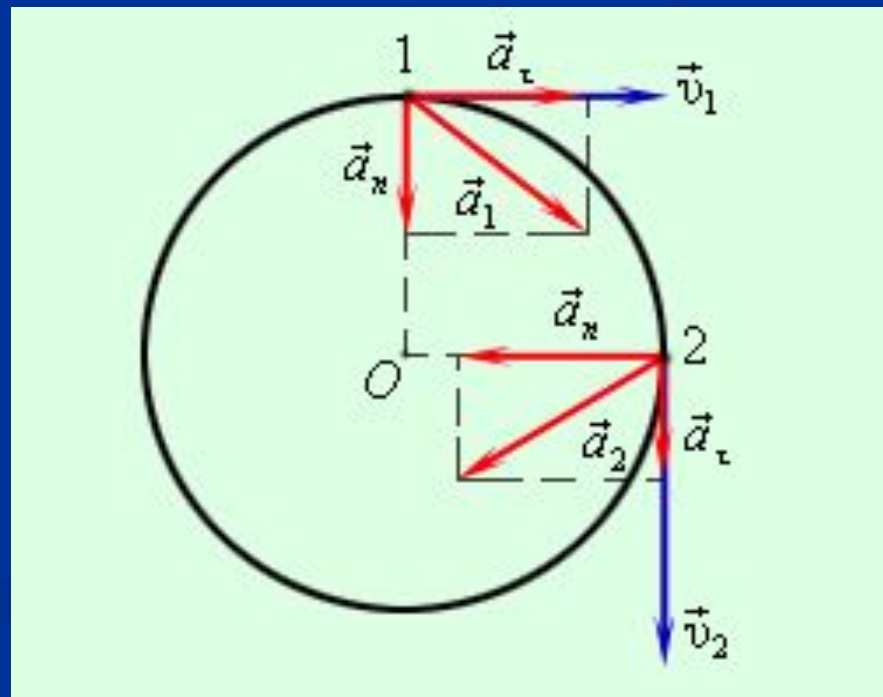
Если модуль скорости движения материальной точки при движении по окружности изменяется, то помимо центростремительного появляется тангенциальное (касательное) ускорение  $a_\tau$

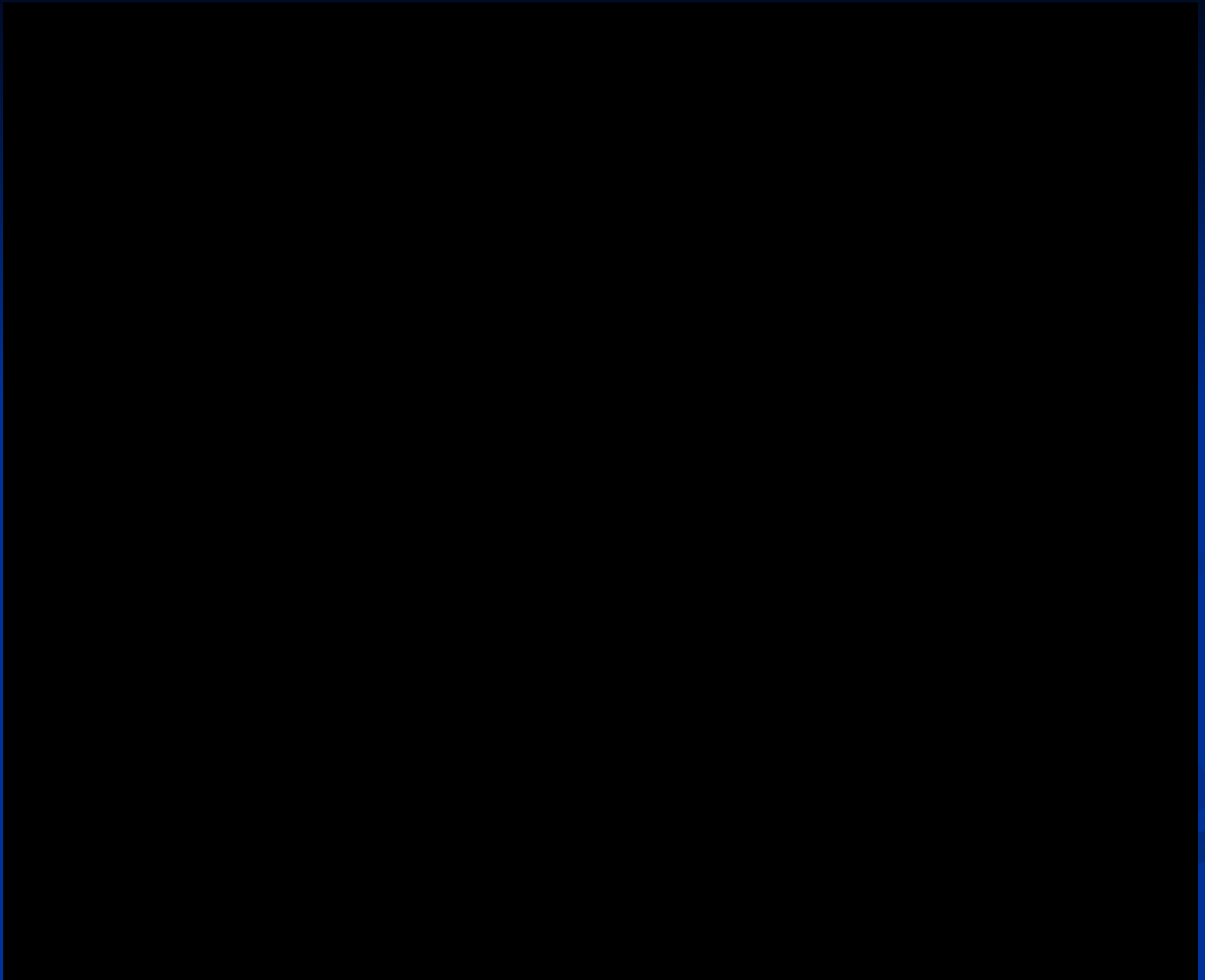
Оно направлено по касательной к окружности и равно по модулю

$$a_\tau = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

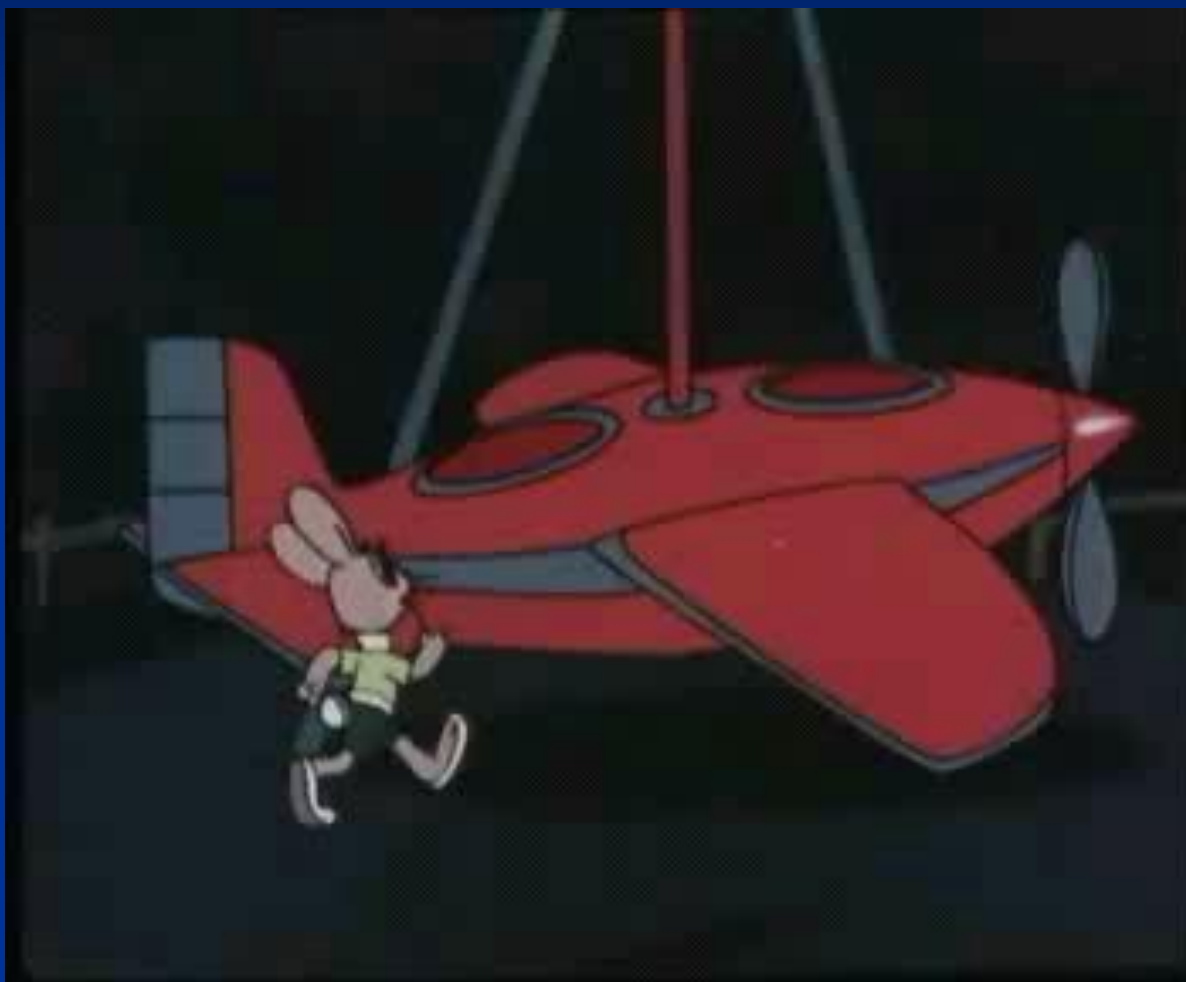
Полное ускорение в этом случае будет равно

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





С какой минимальной скоростью должен двигаться самолет аттракциона, чтобы центробежная сила еще удерживала зайца в кабине? Самолет движется по окружности радиусом 10 м.



Дано :

$$R = 10 \text{ м}$$

$v$  - ?

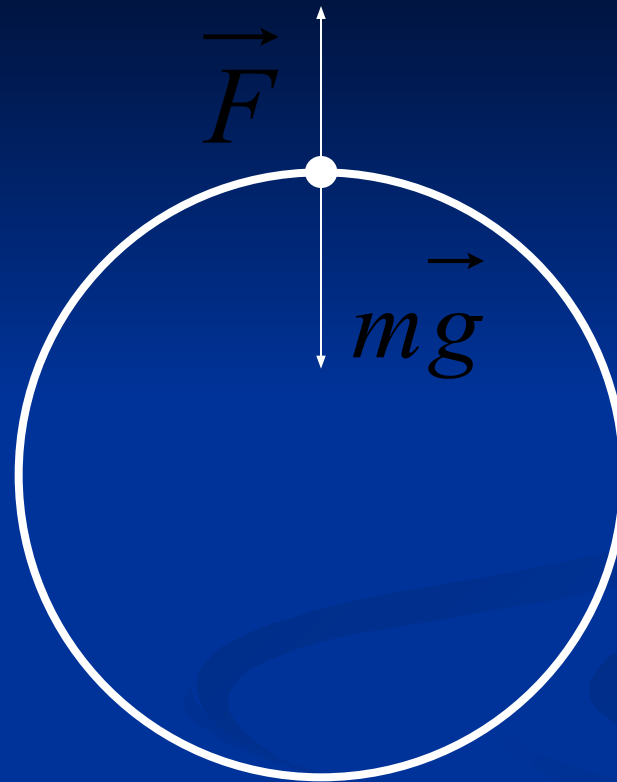
$$m\vec{g} = \vec{F};$$

$$mg = ma;$$

$$mg = \frac{mv^2}{R};$$

$$v = \sqrt{gR} = \sqrt{9,8 \cdot 10} \approx 10 \text{ м/с}$$

Решение



Ответ:  $v = 10 \text{ м/с}$