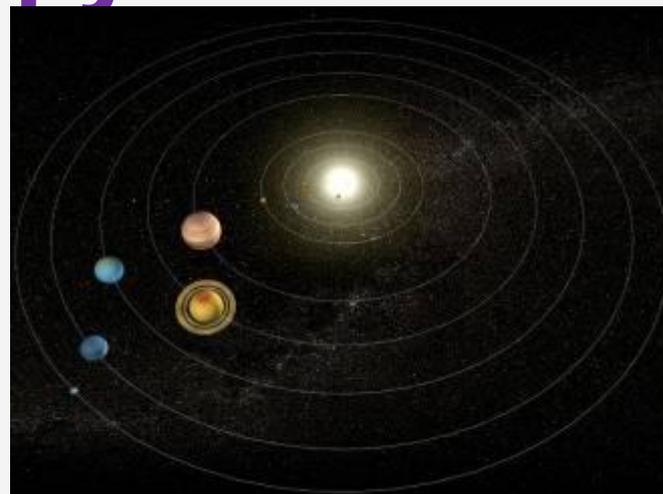
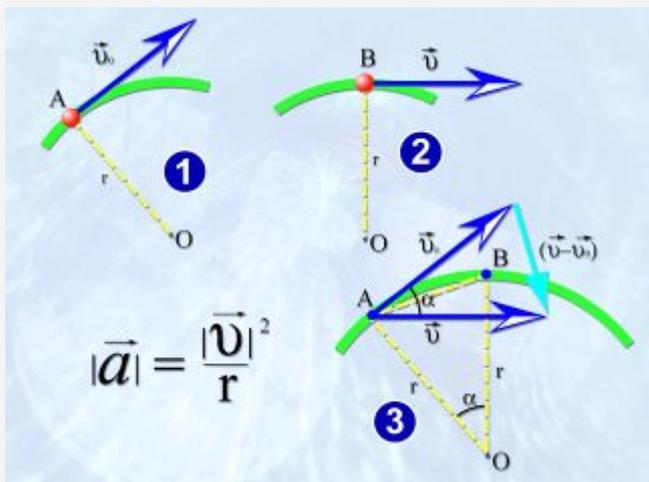
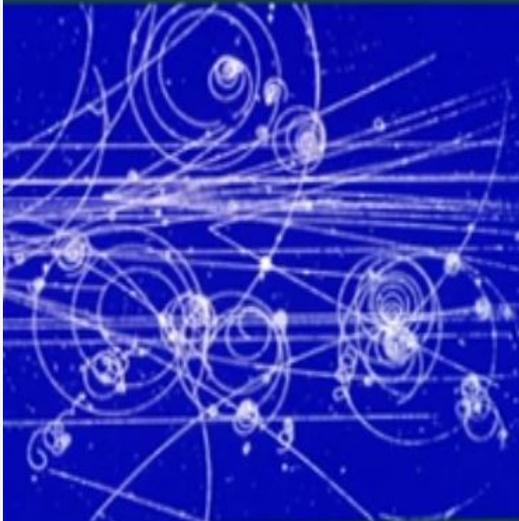
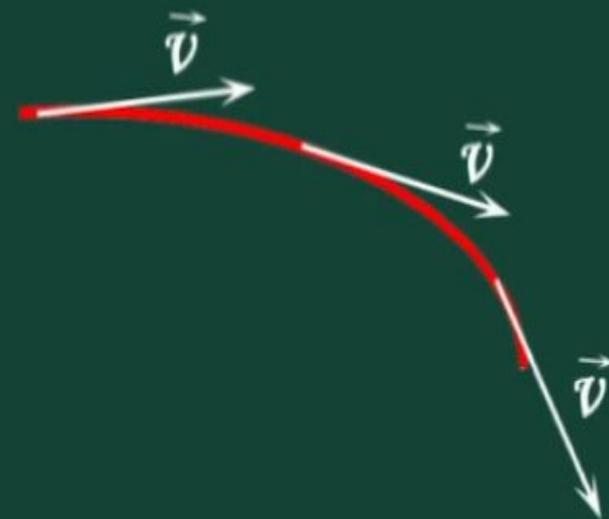
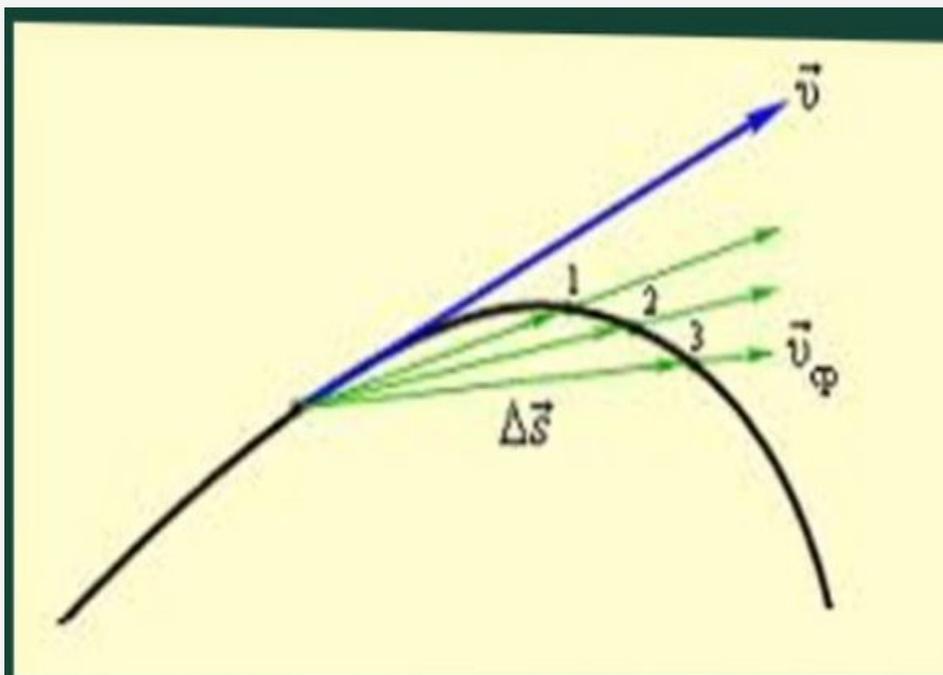


• Движение по окружности



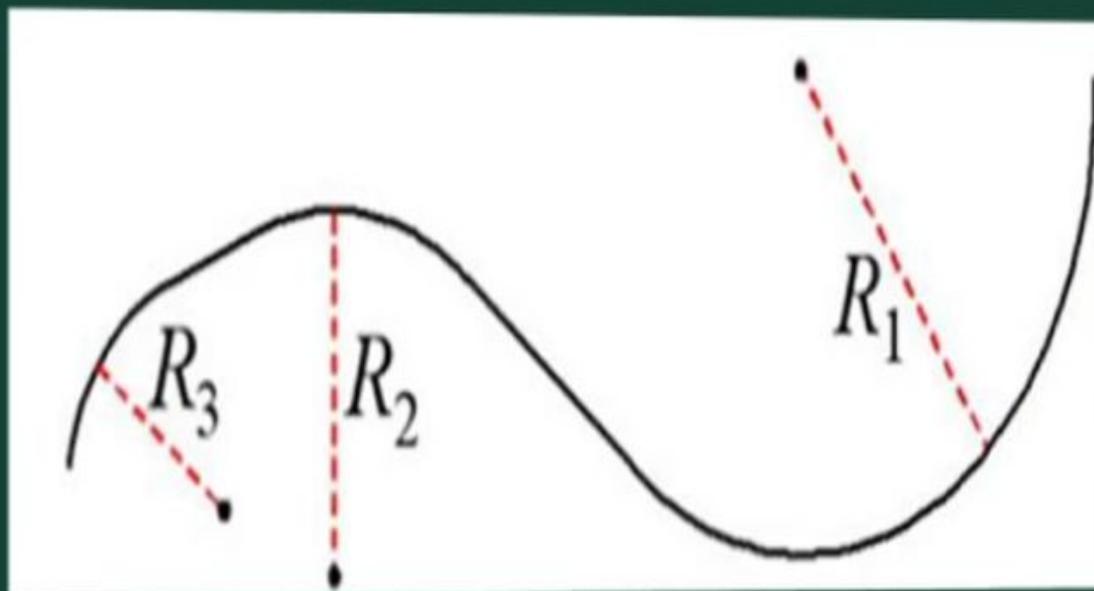


*При криволинейном движении траектория
тела - кривая линия.*

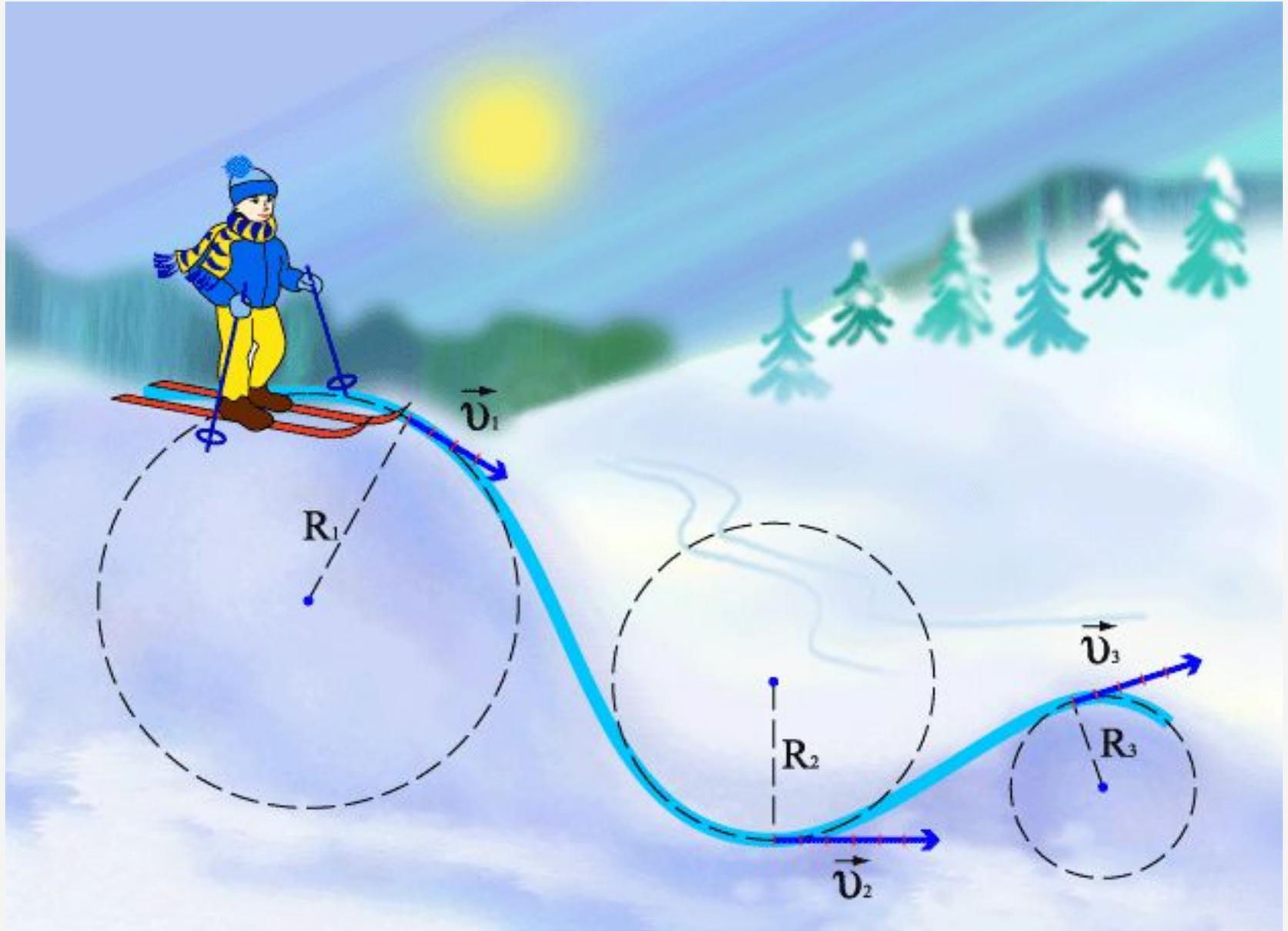


Вектор мгновенной скорости при криволинейном движении совпадает с касательной к траектории в рассматриваемой точке и направлен в сторону движения тела.

Криволинейную траекторию можно рассматривать как сумму дуг окружностей с соответствующими радиусами.



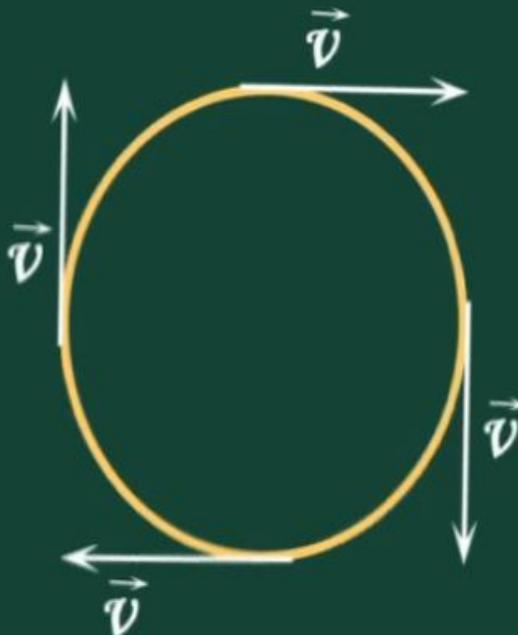
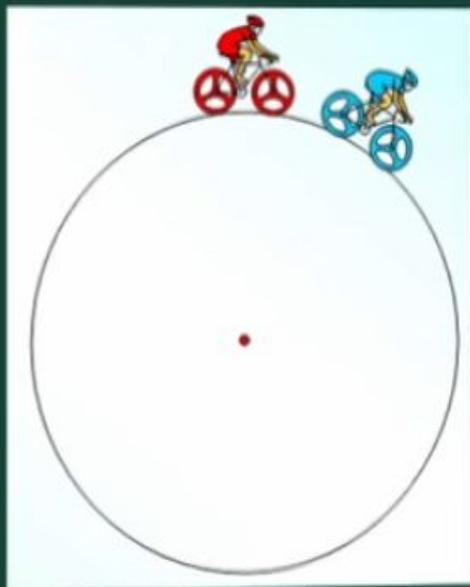
Поэтому изучение криволинейного движения можно свести к изучению движения по окружности.



**Равномерное движение по окружности-
частный случай криволинейного движения**

Движение по окружности

Равномерное движение по окружности - движение, при котором траектория движения тела - окружность, а модуль мгновенной скорости не изменяется с течением времени.



Постоянное изменение скорости означает, что криволинейное движение - движение с ускорением.

Движение по окружности

Характеристики движения:

а) период вращения;

Период вращения - физическая величина, равная времени одного оборота.

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

T - период вращения;

N - количество полных оборотов;

t - время полных N оборотов;

$$[T] = c$$

б) частота вращения;

Частота вращения - физическая величина, равная количеству полных оборотов за единицу времени.

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

n - частота вращения;

N - количество полных оборотов;

t - время полных N оборотов;

$$[n] = \frac{\text{об}}{c} = \frac{1}{c}$$

Движение по окружности

Характеристики движения:

в) *линейная скорость;*

Линейная скорость - физическая величина, равная средней скорости, измеренной за бесконечно малый промежуток времени, т.е. равная мгновенной скорости.

$$v = \frac{s}{t}$$

Если $t = T$, то $s = 2\pi R$

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

R - радиус окружности



Движение по окружности

Характеристики движения:

г) *угловая скорость;*

Угловая скорость - физическая величина, численно равная углу поворота за единицу времени.



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

ω - угловая скорость;

φ - угол поворота;

t - время поворота на угол φ ;

$$[\omega] = \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Если $t = T$, то $\varphi = 2\pi \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$ $v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow v = \omega R$

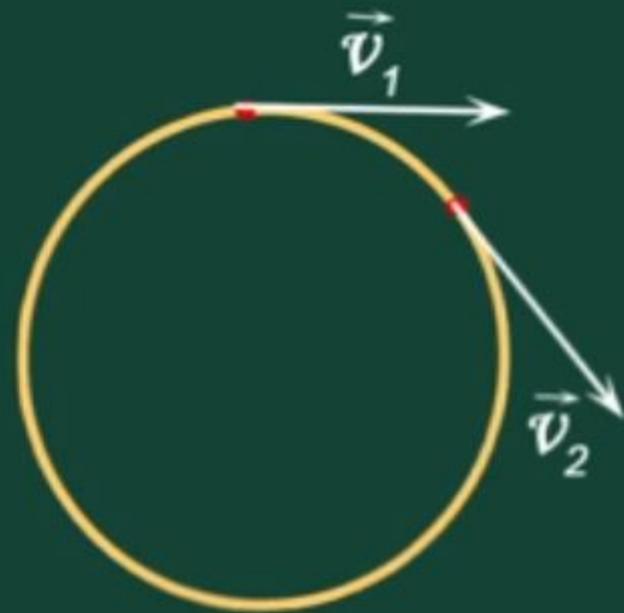
Движение по окружности

Характеристики движения:

д) ускорение.

$$a \neq 0 \quad \vec{a} \uparrow \uparrow \Delta \vec{v}$$

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$



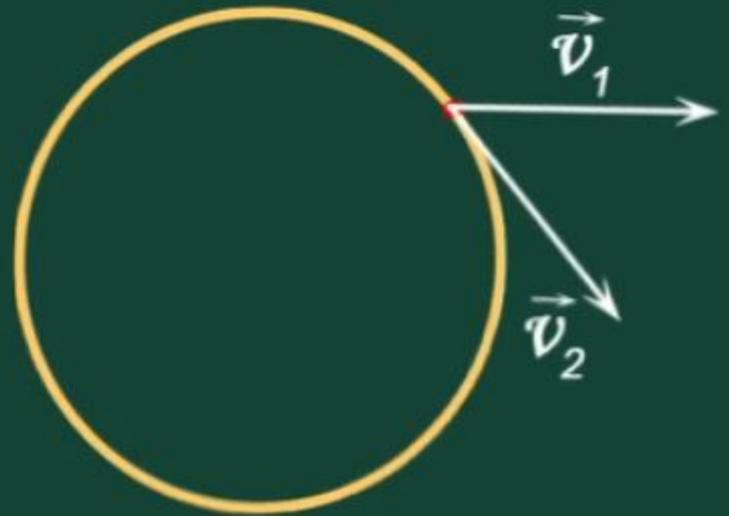
Движение по окружности

Характеристики движения:

д) ускорение.

$$a \neq 0 \quad \vec{a} \uparrow \uparrow \Delta \vec{v}$$

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$



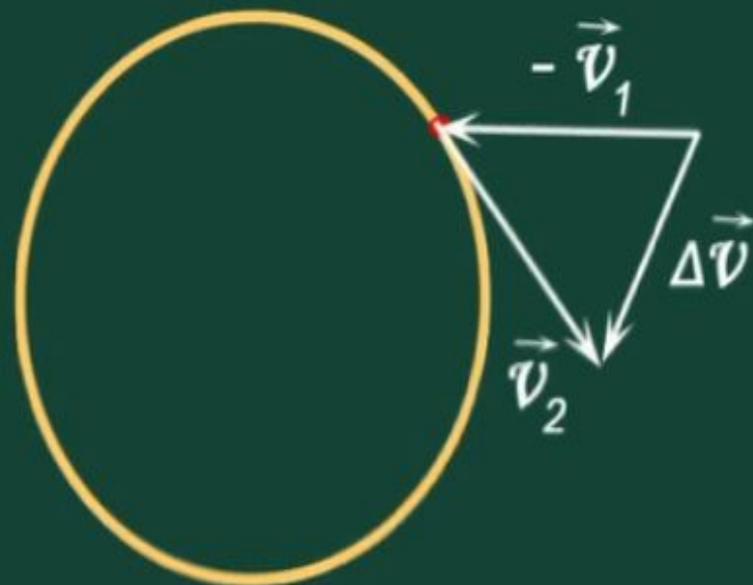
Движение по окружности

Характеристики движения:

д) ускорение.

$$a \neq 0 \quad \vec{a} \uparrow \uparrow \Delta \vec{v}$$

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$



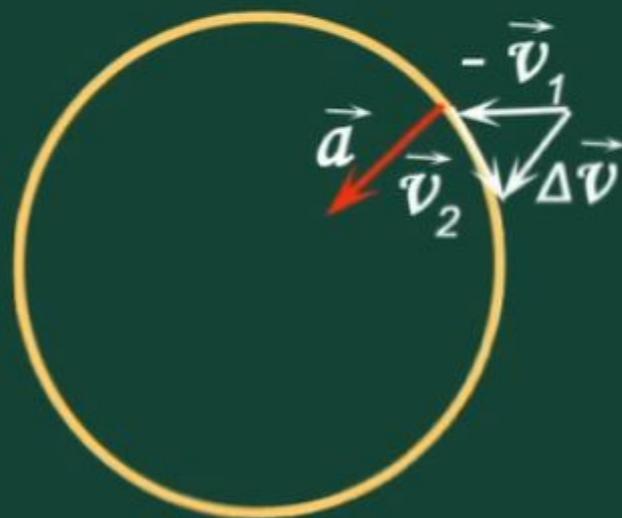
Движение по окружности

Характеристики движения:

д) ускорение.

$$a \neq 0 \quad \vec{a} \uparrow \uparrow \Delta \vec{v}$$

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$



Движение по окружности

Характеристики движения:

д) ускорение.

$$a \neq 0 \quad \vec{a} \uparrow \uparrow \Delta \vec{v}$$

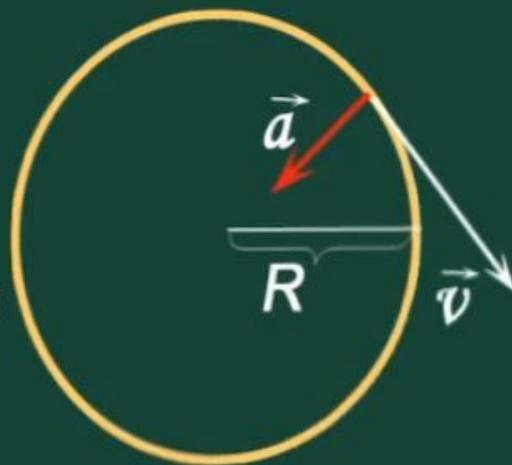
$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

При равномерном движении тела по окружности вектор ускорения направлен к центру окружности.

Ускорение называют **центростремительным**.

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

R - радиус
окружности



$$\vec{a} \perp \vec{v}$$

$$v = \omega R \Rightarrow a = \omega^2 R$$

Движение по окружности

Характеристики движения:

а) период вращения;

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

б) частота вращения;

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

в) линейная скорость;

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

д) ускорение.

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

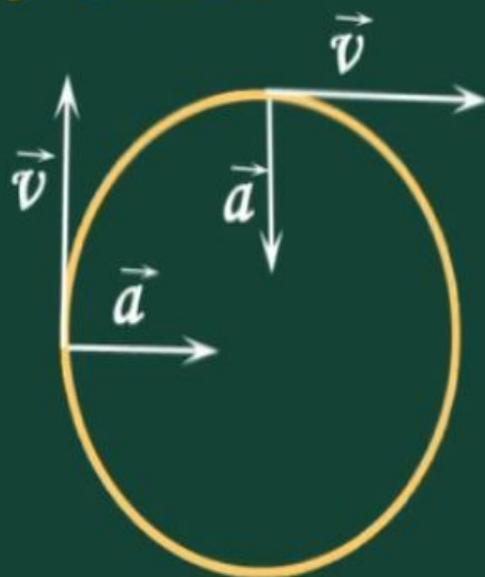
$$a = \omega^2 R$$

г) угловая скорость;

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

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

$$v = \omega R$$



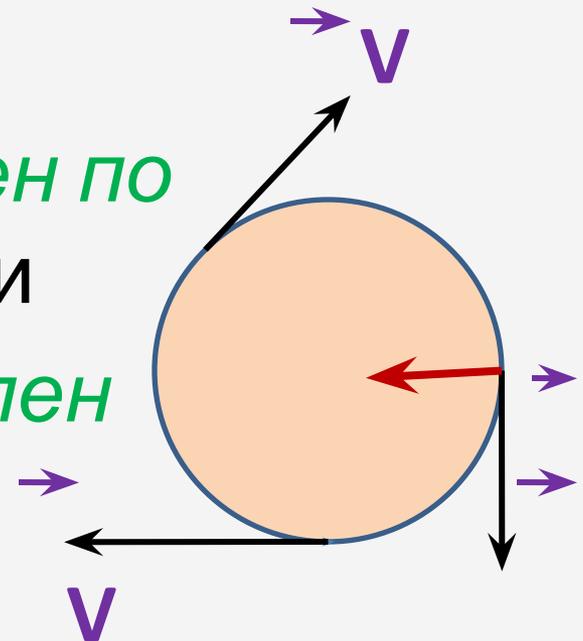
ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

- движение *криволинейное*, так как траекторией является окружность.
- движение *равномерное*, так как модуль скорости не меняется
- вектор скорости *направлен по касательной* к окружности
- вектор ускорения *направлен*

a

к центру окружности

v



Центростремительная сила

$$|\vec{v}_0| = \text{const}$$

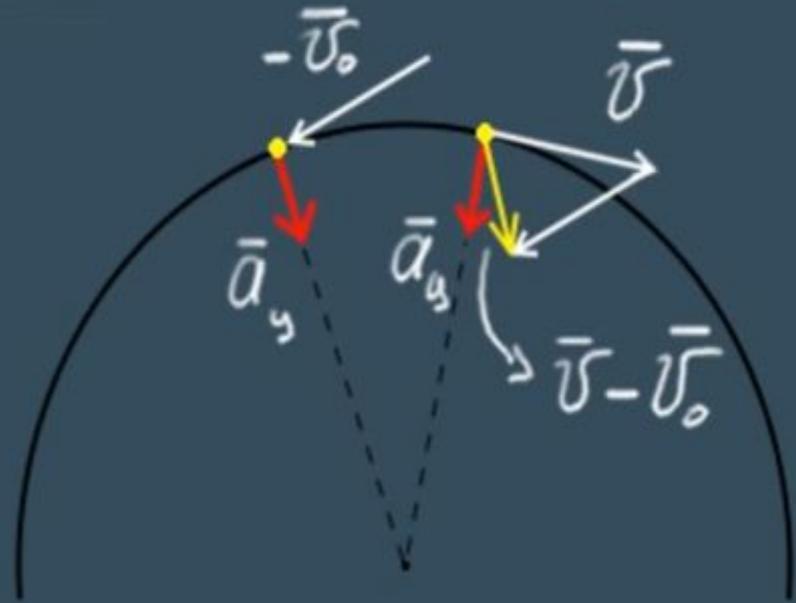
$$|\vec{v}_0| = |\vec{v}|$$

$$\frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} = \vec{a}_{\text{ц.с.}}$$

$$a_y = \frac{v^2}{r}$$

$$F_{\text{ц}} = m \cdot a_y$$

$$F_{\text{ц}} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$



Задача 1. С какой максимальной скоростью автомобиль может пройти поворот радиусом 45 м, если коэффициент трения равен 0.5

N1

$v = ?$

$r = 45 \text{ м}$

$k = 0,5$

Задача 1. С какой максимальной скоростью автомобиль может пройти поворот радиусом 45 м, если коэффициент трения равен 0.5

N1

$v - ?$

$r = 45 \text{ м}$

$k = 0,5$

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{ц}}$$

$$F_{\text{тр}} = k \cdot mg$$

$$F_{\text{ц}} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$k \cdot mg = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

Задача 1. С какой максимальной скоростью автомобиль может пройти поворот радиусом 45 м, если коэффициент трения равен 0.5

N1

$v = ?$

$r = 45 \text{ м}$

$k = 0,5$

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{ц}}$$

$$F_{\text{тр}} = k \cdot mg$$

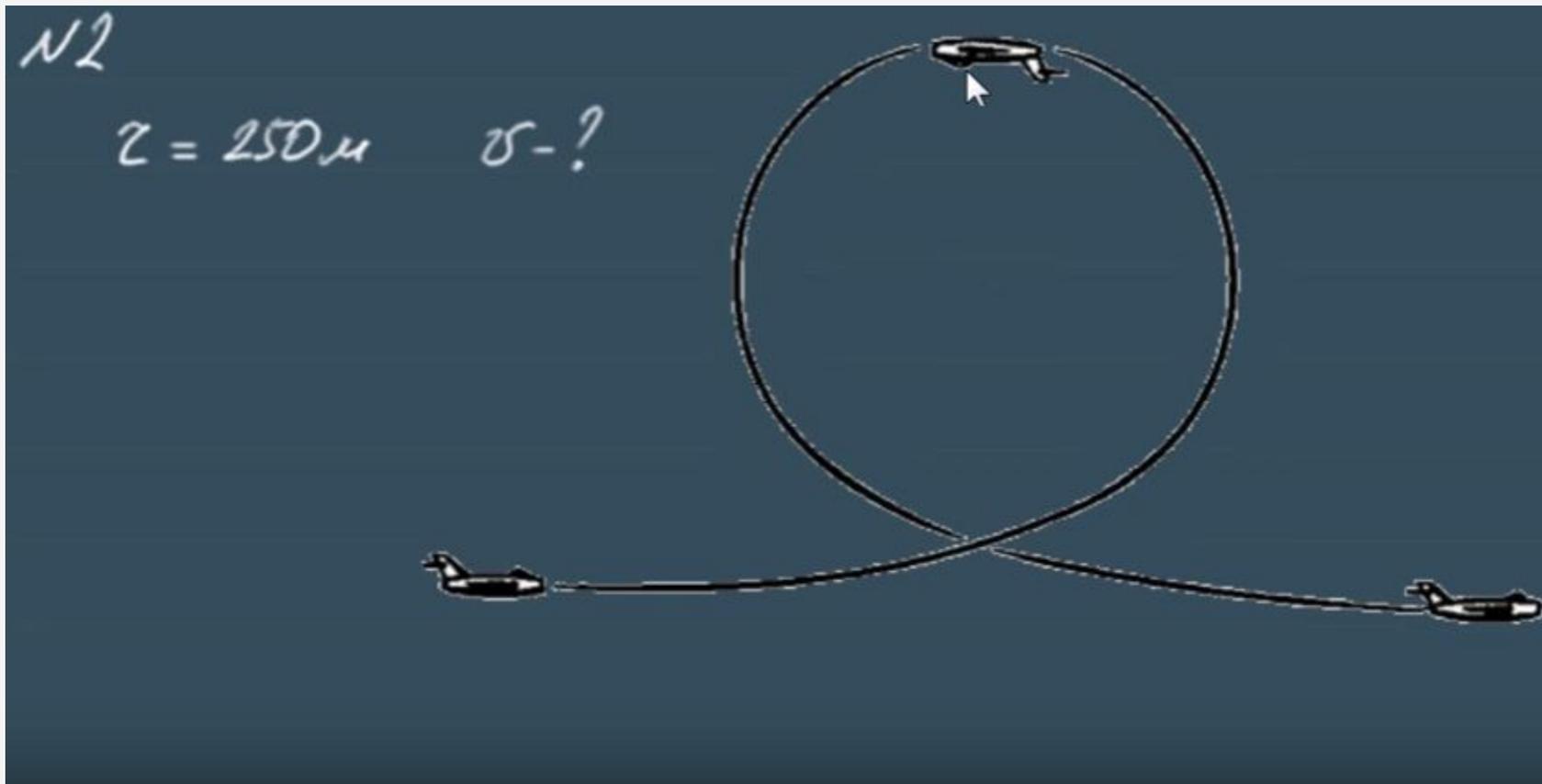
$$F_{\text{ц}} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$k \cdot mg = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{r \cdot k \cdot g} =$$

$$= \sqrt{45 \cdot 0,5 \cdot 10} = \sqrt{225} = 15 \text{ м}$$

Задача 2. Самолет делает мертвую петлю радиусом 250 м. Найдите минимальную скорость при которой летчик в верхней части не будет отрываться от кресла



Задача 2. Самолет делает мертвую петлю радиусом 250 м. Найдите минимальную скорость при которой летчик в верхней части не будет отрываться от кресла

N2

$r = 250 \text{ м}$ $v - ?$

$F_T = F_{ц}$

$mg = m \frac{v^2}{r}$



The diagram shows a vertical loop of a path. At the top of the loop, a pilot is shown in a dark silhouette, facing downwards. At the bottom of the loop, two pilots are shown in dark silhouettes, facing outwards. The path is a continuous line that forms a circle at the top and extends downwards to the two pilots at the bottom.

Задача 2. Самолет делает мертвую петлю радиусом 250 м. Найдите минимальную скорость при которой летчик в верхней части не будет отрываться от кресла

N2

$r = 250 \text{ м}$ $v - ?$

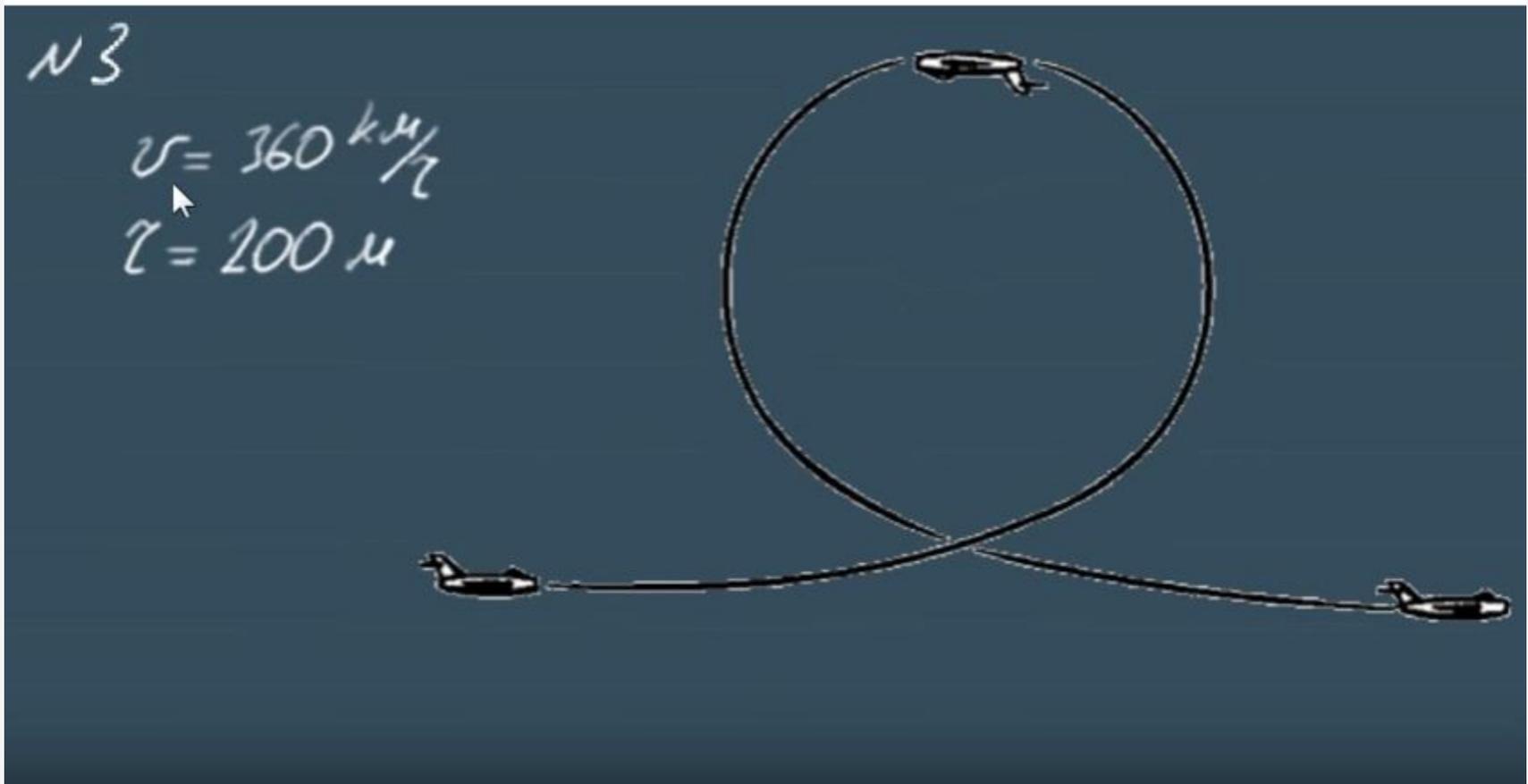
$F_T = F_{ц}$

$mg = m \frac{v^2}{r}$

$v = \sqrt{gr} = \sqrt{10 \cdot 250} = 50 \text{ м/с}$

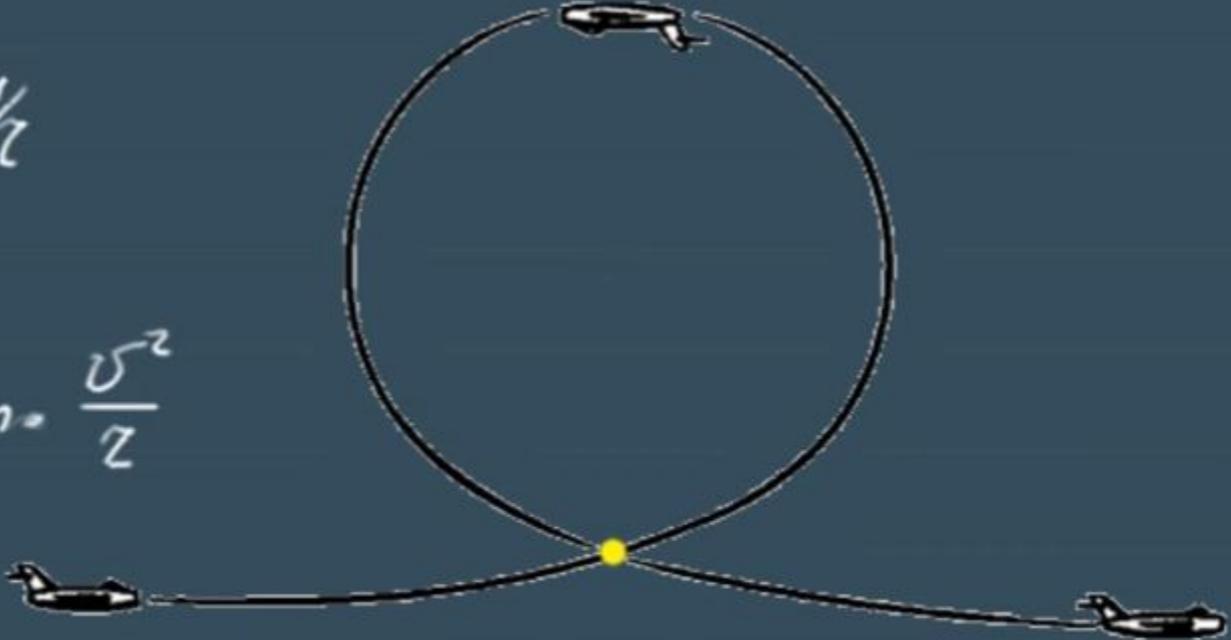
A diagram illustrating a vertical loop. A circular path is drawn with a small airplane icon at the top. Below the loop, two airplane icons are positioned on a horizontal line, representing the start and end of the loop. The background is dark blue with white handwritten text and equations.

Задача 2. Самолет делает мертвую петлю радиусом 250 м. Найдите минимальную скорость при которой летчик в верхней части не будет отрываться от кресла



Задача 2. Самолет делает мертвую петлю радиусом 250 м. Найдите минимальную скорость при которой летчик в верхней части не будет отрываться от кресла

N3

$$v = 360 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$
$$r = 200 \text{ м}$$
$$F = mg + m \cdot \frac{v^2}{r}$$


$F_T + F_g = F$

The diagram shows a vertical circular loop. At the top of the loop, there is a small airplane icon. At the bottom of the loop, there is a yellow dot. Two horizontal lines extend from the yellow dot to the left and right, each ending in a small airplane icon. The equation $F_T + F_g = F$ is written below the diagram, with an arrow pointing upwards from the F_g term.

Задача 2. Самолет делает мертвую петлю радиусом 250 м. Найдите минимальную скорость при которой летчик в верхней части не будет отрываться от кресла

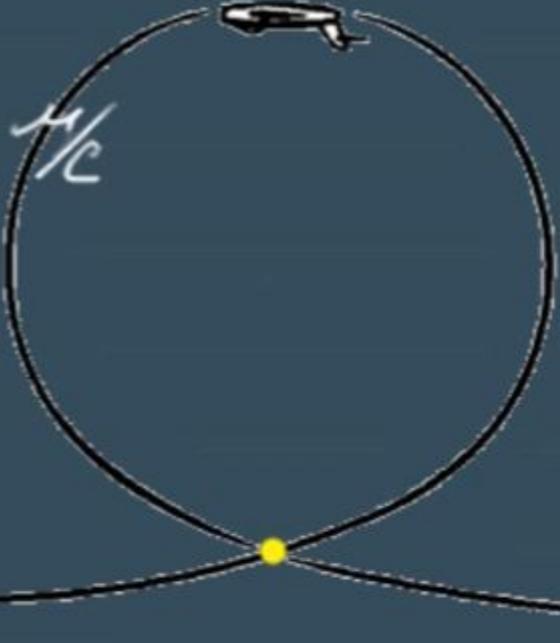
N3

$$v = 360 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$
$$r = 200 \text{ м}$$
$$F = mg + m \cdot \frac{v^2}{r}$$
$$P = mg$$


$\frac{F}{P} = 1 + m \cdot \frac{v^2}{r} \cdot \frac{1}{mg}$

Задача 2. Самолет делает мертвую петлю радиусом 250 м. Найдите минимальную скорость при которой летчик в верхней части не будет отрываться от кресла

N3

$$v = 360 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot \frac{10}{36} = 100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$
$$r = 200 \text{ м}$$
$$F = mg + m \cdot \frac{v^2}{r}$$
$$P = mg$$


The diagram shows a vertical circular loop. At the top of the loop, a black airplane is shown in a vertical position. At the bottom of the loop, there is a yellow dot. Two black airplanes are shown on a horizontal line that passes through the yellow dot, extending to the left and right of the loop.

$$\frac{F}{P} = 1 + m \cdot \frac{v^2}{r} \cdot \frac{1}{mg} = 1 + \frac{100^2}{200 \cdot 10} = 6$$