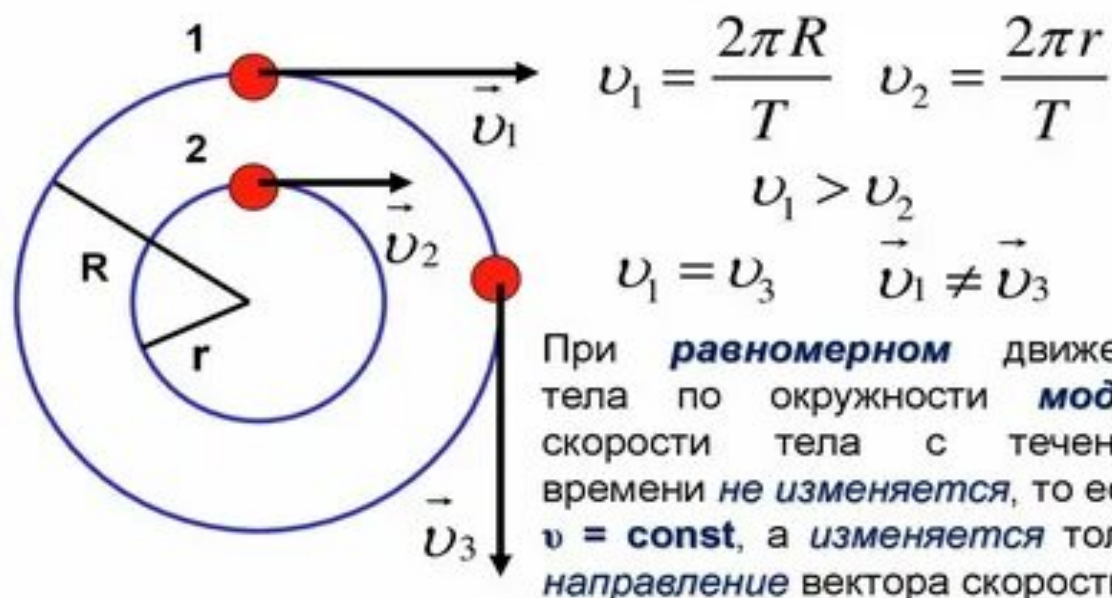


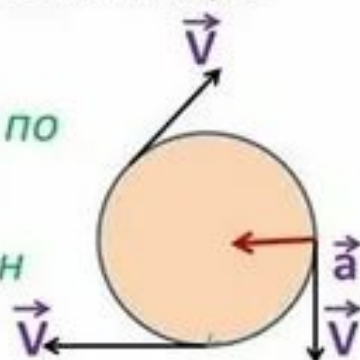
Равномерное движение по окружности – это простейший пример **криволинейного движения**.

Траектория движения точки (тела)- окружность.

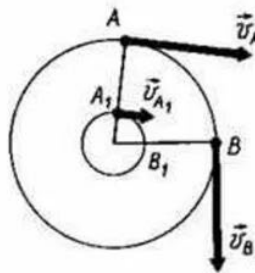


ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

- 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 к центру** окружности



Движение тела по окружности



T – период – [с]

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

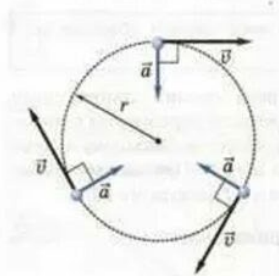
ν – частота обращения

$$[\nu] = \left[\frac{1}{c} \right] = c^{-1} \quad \nu = \frac{1}{T}$$

v – линейная скорость

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

$$v = 2\pi \nu r$$



$a_{ц}$ – центростремительное ускорение

$$[a_{ц}] = \left[\frac{m}{c^2} \right]$$

$$a_{ц} = \frac{v^2}{r}$$

$$\boxed{v = \frac{s}{t} = \left[\begin{array}{l} s = 2\pi R \\ t = T \end{array} \right]}$$

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

$$\boxed{v = 2\pi R \nu}$$

• вектор скорости направлен по касательной к окружности

• движение равномерное т.к модуль скорости не меняется

$$\boxed{a_{ц} = 4\pi^2 \nu^2 R}$$

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

$$\boxed{a_{ц} = \omega^2 R}$$

$$x = r \cos \omega t, y = r \sin \omega t$$

Закон движения.

Формулы являются решением основной задачи механики для равномерного движения точки по окружности

v -линейная скорость
 S -длина окружности
 T - период
 R - радиус
 a - центростремительное ускорение
 ω - угловая скорость

⑤ ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

1) Криволинейное движение



любое криволинейное движение можно представить как движение по отрезкам прямых и дугам окружностей

2) Угловая скорость

$$\omega \text{ [рад/с]}$$

φ [рад] — угловое перемещение

$$\omega = \frac{\varphi}{t} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$



это физическая величина (скалярная), показывающая угловое перемещение за единицу времени

3) Линейная скорость

$$V \text{ [м/с]}$$

направлена по касательной к окружности

$$V = \frac{S}{t} \quad V = \frac{2\pi R}{T}$$

это физическая величина, показывающая путь, пройденный телом за единицу времени

4) Период T [с] — время одного полного оборота

Частота ν [$\Gamma_{ц} = \frac{1}{с}$] — число оборотов (N) за единицу времени

$$T = \frac{t}{N} \quad T = \frac{1}{\nu}$$

$$\nu = \frac{N}{t} \quad \nu = \frac{1}{T}$$

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

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

(для равномерного движения по окружности)

5) Центробежное ускорение

(при равномерности движения по окружности)



$\vec{a}_{ц} \text{ [м/с}^2\text{]}$ сонаправлено с $\Delta\vec{V}$; $\vec{a}_{ц} \perp \vec{V}$
(направлено в центр окружности)

точка A (при $t = 0$)
точка B (через $\Delta t \rightarrow 0$)

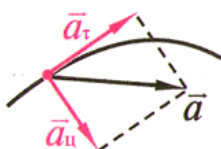
$$\Delta OAB \sim \Delta \vec{V}_1 \vec{V}_2 \Delta \vec{V} \Rightarrow \frac{\Delta V}{AB} = \frac{V_2}{V_1 t} = \frac{V}{R} \Rightarrow$$

$$a_{ц} = \frac{V^2}{R}$$

$$a_{ц} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V^2}{R}$$

6) Неравномерное движение по окружности



$a_{ц}$ — центробежит. ускорение (характеризует изменение скорости по направл.)

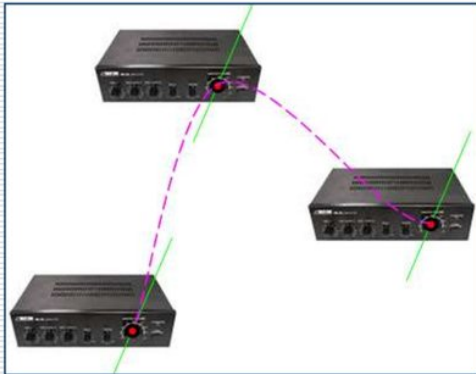
a_{τ} — тангенциальное ускорение (характеризует изменение скорости по модулю)

$$\vec{a} = \vec{a}_{ц} + \vec{a}_{\tau} \quad a = \sqrt{a_{ц}^2 + a_{\tau}^2}$$

3. Кинематика твердого тела

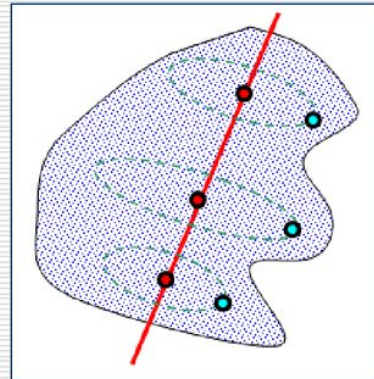
Любое движение твердого тела можно разложить на два основных вида движения:

1) поступательное



Поступательное движение – это движение, при котором любая прямая, связанная с телом, остается параллельна самой себе.

2) вращательное



Вращательное движение – это движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной и той же прямой, называемой **осью вращения**.

Виды	Поступательное движение	Связь между величинами	Вращательное движение вокруг неподвижной оси
Кинетические характеристики	Длина пути $s = f(t)$	$s = \varphi R$, где R – радиус вращения точки	Угол поворота $\varphi = f(t)$
	Модуль скорости $v = \frac{ds}{dt}$	$v = \omega R$	Модуль угловой скорости $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$
	Модуль ускорения $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2}$	Полное ускорение $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$	Модуль углового ускорения $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2 \varphi}{dt^2}$
		Тангенциальная составляющая ускорения $a_\tau = \frac{dv}{dt}$	
		Нормальная составляющая ускорения $a_n = \frac{v^2}{R}$	
		$a = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$	
		$a_\tau = \varepsilon R$	
		$a_n = \omega^2 R$	

4. Чертёж (если требуется).
5. Формулы искомых величин и их погрешностей.
6. Таблица результатов измерений и вычислений.
7. Окончательный результат, вывод и пр. (согласно цели работы).

5. Как записывать результат измерения

$$A = A_{\text{пр}} \pm \Delta A,$$

$$\varepsilon = \dots \%$$

№ 1. ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ

Цель работы: определить центростремительное ускорение шарика при его равномерном движении по окружности.

Теоретическая часть.

Эксперименты проводятся с коническим маятником. Небольшой шарик движется по окружности радиусом R . При этом нить AB , к которой прикреплен шарик, описывает поверхность прямого кругового конуса. Из кинематических соотношений следует, что $a_n = \omega^2 R = 4\pi^2 R / T^2$.

На шарик действуют две силы: сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити $\vec{F}$ (рис. Л.2, а). Согласно второму закону Ньютона $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}$. Разложив силу $\vec{F}$ на составляющие $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, направленные по радиусу к центру окружности и по вертикали вверх, второй закон Ньютона запишем следующим образом: $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. Тогда можно записать: $ma_n = F_1$. Отсюда $a_n = F_1/m$.

Модуль составляющей F_1 можно определить, пользуясь подобием треугольников OAB и F_1FB : $F_1/R = mg/h$ ($|m\vec{g}| = |\vec{F}_2|$). Отсюда $F_1 = mgR/h$ и $a_n = gR/h$.

Сопоставим все три выражения для a_n :

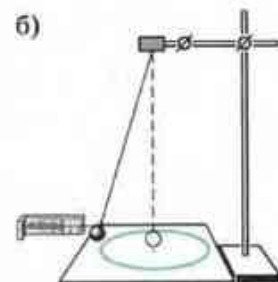
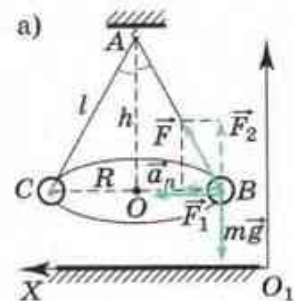
$$a_n = 4\pi^2 R / T^2, \quad a_n = gR/h, \quad a_n = F_1/m$$

и убедимся, что числовые значения центростремительного ускорения, полученные тремя способами, примерно одинаковы.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, лента измерительная, циркуль, динамометр лабораторный, весы с разновесами, шарик на нити, кусочек пробки с отверстием, лист бумаги, линейка.

Порядок выполнения работы.

1. Определите массу шарика на весах с точностью до 1 г.
2. Нить проденьте сквозь отверстие в пробке и зажмите пробку в лапке штатива (рис. Л.2, б).
3. Начертите на листе бумаги окружность, радиус которой около 20 см. Измерьте радиус с точностью до 1 см.



Л.2

