

**1.8.** Над колодцем глубиной  $h = 10$  м бросают вертикально вверх камень с начальной скоростью  $v_{\text{нач}} = 14$  м/с. Через какое время камень достигает дна колодца?

**Ответ:** 3,4 с.

**1.10.** Материальная точка движется по окружности радиуса 4 м. Зависимость пути от времени задана уравнением  $S = Ct^3$ , где  $C = 0,02$  м/с<sup>3</sup>. Найти ускорение и его тангенциальную и нормальную составляющие в момент, когда скорость точки равна  $v_1 = 6$  м/с.

**Ответ:**  $a_1 \approx 9,08$  м/с<sup>2</sup>,  $a_{\tau_1} = 1,2$  м/с<sup>2</sup>,  $a_{n_1} = 9$  м/с<sup>2</sup>.

**1.11.** По наклонной доске пустили катиться снизу вверх маленький шарик. На расстоянии  $l = 30$  см шарик побывал дважды: через  $t_1 = 1$  с и через  $t_2 = 2$  с после начала движения. Определить начальную скорость шарика  $v_0$  и ускорение  $a$ , считая движение равнопеременным.

**Ответ:**  $v_0 = 0,45$  м/с,  $a = 0,3$  м/с<sup>2</sup>.

---

## 2. КИНЕМАТИКА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

### Основные формулы и методические указания

При вращательном движении в общем случае угловая скорость:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}.$$

Угловое ускорение:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

Движение по окружности:

$$\Delta\varphi = \frac{l}{R}, \quad \omega = \frac{d\varphi}{dt}, \quad v = \omega R, \quad a_n = \omega^2 R, \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \omega', \quad a_\tau = \varepsilon R.$$

В случае равномерного вращательного движения

$$\omega = \text{const}, \quad \omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T},$$

где  $T$  – период обращения,  $\nu$  – частота обращения (число оборотов в единицу времени).

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Путь, пройденный материальной точкой при ее равномерном движении по окружности изменяется с течением времени по закону  $S = 6,28t$ . Найти частоту оборотов точки  $\nu$ , если радиус окружности  $R = 10$  см.

**Решение.** При равномерном движении материальной точки по окружности

$$S = \nu t,$$

по условию  $S = 6,28t$  м, значит  $6,28$  – это модуль линейной скорости точки:  $\nu = 6,28$  м/с. Тогда угловая скорость определяется из соотношения

$$\nu = \omega R, \quad \omega = \frac{\omega}{R}, \quad \text{но } \omega = 2\pi\nu,$$

значит,

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\nu}{2\pi R} = 10 \text{ с}^{-1}.$$

**Задача 2.** Вентилятор вращается с частотой  $n = 900$  об/мин. После включения вентилятор, вращаясь равнозамедленно, сделал до остановки  $N = 70$  оборотов. Какое время  $t$  прошло с момента выключения вентилятора до его полной остановки.

**Решение.**  $n = 900$  об/мин = 15 об/с.

Уравнение движения в скалярном виде:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad (2.1)$$

$$\omega = \omega_0 - \varepsilon t. \quad (2.2)$$

Учитывая

$$\varphi = 2\pi N, \quad (2.3)$$

$$\omega = 0, \quad \omega_0 = 2\pi n, \quad (2.4)$$

из уравнения (2.2) находим

$$t = \frac{\omega_0}{\varepsilon} = \frac{2\pi n}{\varepsilon}. \quad (2.5)$$

Подставим это в уравнение движения (2.1):

$$2\pi N = \frac{(2\pi n)^2}{\varepsilon} - \frac{\varepsilon(2\pi n)^2}{2\varepsilon^2} = \frac{(2\pi n)^2}{2\varepsilon}.$$

Находим из этого уравнения  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \frac{\pi n^2}{N}.$$

Подставляем значение  $\varepsilon$  в уравнение (2.5):

$$t = \frac{2\pi n \cdot N}{\pi n^2} = \frac{2N}{n} = 10 \text{ с.}$$

### Задачи для самостоятельного решения

**2.1.** Найти угловые скорости: 1) суточного вращения Земли; 2) часовой стрелки на часах; 3) минутной стрелки на часах; 4) искусственного спутника Земли, вращающегося по круговой орбите с периодом обращения  $T = 88$  мин; 5) линейную скорость движения этого искусственного спутника, если известно, что его орбита расположена на расстоянии 200 км от поверхности Земли.

**Ответ:** 1)  $7,26 \cdot 10^{-5}$  рад/с, 2)  $14,5 \cdot 10^{-5}$  рад/с, 3)  $1,74 \cdot 10^{-3}$  рад/с,  
4)  $1,19 \cdot 10^{-3}$  рад/с, 5) 7,8 км/с.

**2.2.** Ось с двумя дисками, расположенными на расстоянии  $l = 0,5$  м друг от друга, вращается с угловой скоростью, соответствующей частоте  $\nu = 1600$  об/мин. Пуля, летящая вдоль оси, пробивает оба диска, при этом отверстие от пули во втором диске смещено относительно отверстия в первом диске на угол  $\varphi = 12^\circ$ . Найти скорость пули.

**Ответ:**  $\nu = 400$  м/с.

**2.3.** Маховое колесо спустя  $t = 1$  мин после начала вращения приобретает скорость, соответствующую  $\nu = 720$  об/мин. Найти угловое