

Занятие 5. Кинематика вращательного движения твердого тела

Длина дуги окружности $S = \varphi R$.

Скорость $\vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{r}]$, $v = \omega R$.

Тангенциальное ускорение $\vec{a}_\tau = [\vec{\varepsilon}, \vec{r}]$, $a_\tau = \varepsilon R$.

Нормальное ускорение $\vec{a}_n = -\omega^2 R \vec{n}$, $a_n = \omega^2 R$.

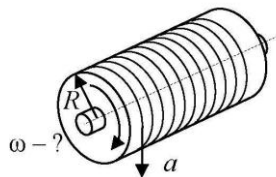
Равномерное движение вдоль ОХ $x = x_0 + vt$ $v = \text{const}$ $a = 0$	Равномерное вращение $\varphi = \varphi_0 + \omega t$ $\omega = \text{const}$ $\varepsilon = 0$
Равноускоренное движение $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$ $v = v_0 + at$ $a = \text{const}$	Равноускоренное вращение $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$ $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ $\varepsilon = \text{const}$

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}; \quad \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

Самостоятельная аудиторная работа.

1. Пуля пробила два вертикально закрепленных листа бумаги, расположенных на расстоянии друг от друга на расстоянии $l = 40$ м. Отверстие во втором листе оказалось на $H = 15$ см ниже, чем в первом. Определить модуль скорости v пули при подлете к первому листу, если она подлетела к нему, двигаясь горизонтально. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2. Найти угловую скорость, до которой будет раскручен круглый изначально не вращающийся маховик радиуса R с помощью тонкой веревки длины l , которую вытягивают с постоянным ускорением a . Веревка не проскальзывает.



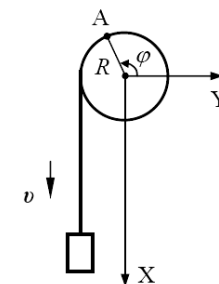
3. Материальная точка совершает движение в плоскости XOY так, что ее координаты зависят от времени по законам $x = a \cdot \cos \omega t$ (м), $y = a \cdot \cos 2\omega t$ (м), где a и ω – известные постоянные величины. Найти уравнение траектории $y = f(x)$ точки, а также зависимости от времени скорости и ускорения точки.

4. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси так, что его угловая скорость ω зависит от угла поворота φ по закону $\omega = \omega_0 - b\varphi$, где ω_0 и b положительные постоянные. В момент времени $t = 0$ угол поворота $\varphi = 0$. Найти зависимость от времени: 1) угла поворота; 2) угловой скорости.

5. В момент времени $t = 0$ материальная точка начинает двигаться по окружности радиусом $R = 500$ м так, что угол поворота изменяется с течением времени по закону $\varphi = ct + bt^2$ (рад), где $c = 0,2$ рад/с, $b = 0,1$ рад/с². Найти величину угловой скорости, угловое ускорение, линейную скорость и ускорение точки в момент времени, когда она изменяет направление вектора скорости на противоположное.

6. Поезд въезжает на закругленный участок пути с начальной скоростью $V_0 = 54$ км/ч и, двигаясь с постоянным тангенциальным ускорением, проходит путь $\Delta S = 600$ м за время $\Delta t = 30$ с. Радиус закругления $R = 1$ км. Определить скорость и полное ускорение поезда в конце этого пути.

7. На вал радиуса R , закрепленный на оси, намотана веревка, на конце которой висит груз, опускающийся вниз. Закон движения груза: $x = x_0 + bt^2$, где x_0 и b – постоянные положительные величины. Определить угловую скорость ω и ускорение ε произвольной точки обода вала, модуль ускорения a , его нормальную a_n и тангенциальную a_τ проекции. Записать закон движения этой точки.



Задание на дом

- Автомобиль движется по мокрому асфальту со скоростью 72 км/ч. Принимая радиус колеса равным 0.5 м, найти на какую наибольшую высоту забрасываются капли воды, отрывающиеся от колес.
- С какой скоростью во время погони при киносъемке вестерна двигался почтовый дилижанс, если при демонстрации кинофильма на экране задние колеса, имеющие по 12 спиц, кажутся неподвижными? Диаметр колеса 1.0 м. Киносъемка производилась со скоростью 24 кадра в секунду.
- Сколько оборотов сделали колеса автомобиля после включения тормоза до полной остановки, если в момент начала торможения автомобиль имел скорость 60 км/ч и остановился через 3 секунды после начала торможения? Диаметр колес 70 см.

Приложение

Размерности физических величин

$$[x] = L \quad [t] = T \quad [v] = LT^{-1} \quad [a] = LT^{-2} \quad [\varphi] = 1 \quad [\omega] = T^{-1} \quad [\varepsilon] = T^{-2}$$

Литература

- [1]. **Баранов А. В.** Физика. Теория, задачи, тесты: учеб. пособие / Б. Б. Горлов, А. В. Баранов, Г. Е. Невская Г.Е. – : Издательство НГТУ, 2006. – 280 с.
- [2]. **Трофимова Т. И.** Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.
- [3]. **Трофимова Т. И.** Физика в таблицах и формулах Учеб. пособие для студентов вузов / Т. И. Трофимова. – М.: Дрофа, 2002. – 432 с.