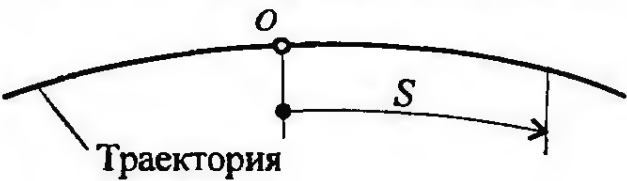
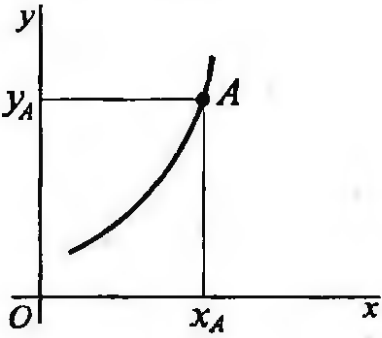


Группа	201
Дата	8.11.2021
Время	11 ¹⁰ - 12 ⁰⁰
Наименование УД/МДК/УП/ПП	ОП 10. ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
Ф.И.О. преподавателя	Горлачева Е.Н.
Обратная связь	e-mail: gorlachevaen@yandex.ru Whatsapp: +79188705779
Основная литература	А.А. Эрдеди, Н.А.Эрдеди Техническая механика (4-е изд.) учебник–Москва: «Академия» 2017г.
Тема	ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КИНЕМАТИКИ 1. Основные кинематические параметры Траектория - линия, которую очерчивает материальная точка при движении в пространстве. Траектория может быть прямой и кривой, плоской и пространственной линией. Уравнение траектории при плоском движении: $y = f(x)$ Пройденный путь. Путь измеряется вдоль траектории в направлении движения. Обозначение - S, единицы измерения - метры. Уравнение движения точки – это уравнение, определяющее положение движущейся точки в зависимости от времени. Положение точки в каждый момент времени можно определить по расстоянию, пройденному вдоль траектории от некоторой неподвижной точки, рассматриваемой как начало отсчета (рисунок 2.1).  Рисунок 2.1 Такой способ задания движения называется естественным. Таким образом, уравнение движения можно представить в виде $S = f(t)$. Положение точки можно также определить, если известны ее координаты в зависимости от времени (рисунок 2.2). Тогда в случае движения на плоскости должны быть заданы два уравнения: $\begin{cases} x = f_1(t) \\ y = f_2(t) \end{cases}$  Рисунок 2.2 В случае пространственного движения добавляется и третья координата $z = f_3(t)$ Такой способ задания движения называют координатным. Скорость движения – это векторная величина, характеризующая в данный момент быстроту и направление движения по траектории.

Ускорение точки - векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости по величине и направлению.

2. Анализ видов и кинематических параметров движений

Равномерное движение – это движение с постоянной скоростью:

$$v = \text{const};$$

Для прямолинейного равномерного движения:

$$a_t = 0; a_n = 0 \Rightarrow a = 0$$

Для криволинейного равномерного движения:

$$a_t = 0; a_n = \frac{v^2}{r}; a = a_n$$

Закон равномерного движения $S = S_0 + vt$:

Равнопеременное движение – это движение с постоянным касательным ускорением:

$$a_t = \text{const}$$

Для прямолинейного равнопеременного движения

$$r = \infty \Rightarrow a_n = 0; a = a_t = \text{const}.$$

Для криволинейного равнопеременного движения:

$$a_n \neq 0; a = \text{const} \neq 0$$

$$v = v_0 + a_t t; v = \frac{dS}{dt}$$

Закон равнопеременного движения:

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{a_t t^2}{2}$$

3. Кинематические графики

Кинематические графики – это графики изменения пути, скорости и ускорений в зависимости от времени.

Равномерное движение (рисунок 2.5)

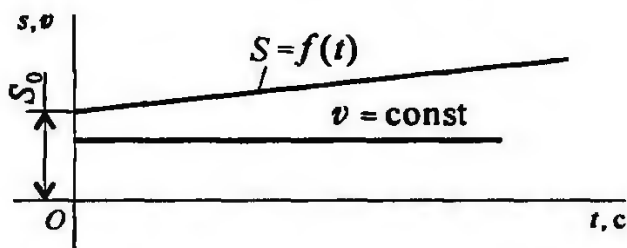


Рисунок 2.5

Равнопеременное движение (рисунок 2.6)

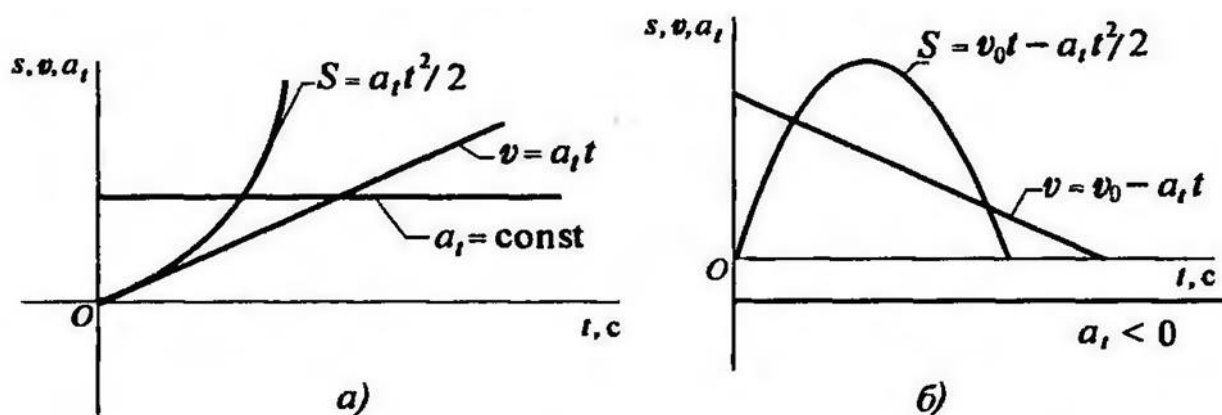


Рисунок 2.6

4. Способы задания движения точки

Обычно применяют три способа: векторный, координатный, естественный.

4.1. Векторный способ задания движения

Положение точки относительно выбранной системы отсчета задается радиусом - вектором (рис. 5.1), изменяющимся с течением времени:

$$\vec{r} = \vec{r}(t). \quad (5.1)$$

Уравнение (5.1) определяет закон движения, т.к. позволяет в любой момент времени найти положение движущейся точки по величине и направлению радиуса - вектора $\vec{r}$.

4.2. Координатный способ задания движения

Аналитически положение точки М (рис. 5.1) можно задавать проекциями радиуса - вектора на координатные оси X, Y и Z. Обозначая для краткости проекции $r_x = X, r_y = Y, r_z = Z$, где X, Y, Z - координаты движущейся точки, получим

$$X = f_1(t), Y = f_2(t), Z = f_3(t). \quad (5.2)$$

Уравнения (5.2) выражают закон движения точки в координатной форме, т.к. в любой момент времени позволяют определить координаты и найти положение точки.

Если точка движется в одной плоскости, то, приняв эту плоскость за плоскость OXY, получим в этом случае два уравнения

$$X = f_1(t), Y = f_2(t). \quad (5.2')$$

Уравнения (5.2) и (5.2') представляют собой и уравнения траектории точки в параметрической форме. Исключив из уравнений движения параметр t, можно найти уравнение в обычной форме, т.е. в виде зависимости между ее координатами.

4.3. Естественный способ задания движения

Применяется, когда траектория АВ движущейся точки известна. Положение точки М от начала отсчета точки О определяется зависимостью (рис. 5.2)

$$S = f(t), \quad (5.3)$$

где S - криволинейная координата.

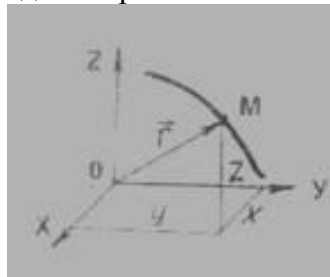


Рис. 5.1

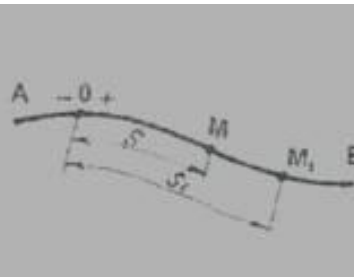
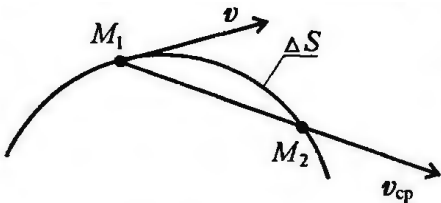
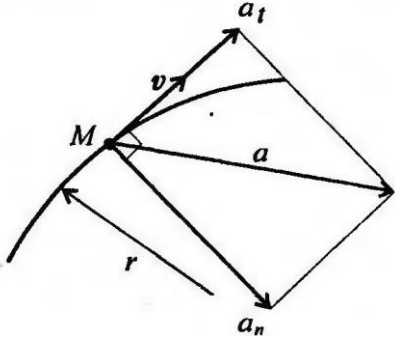


Рис. 5.2

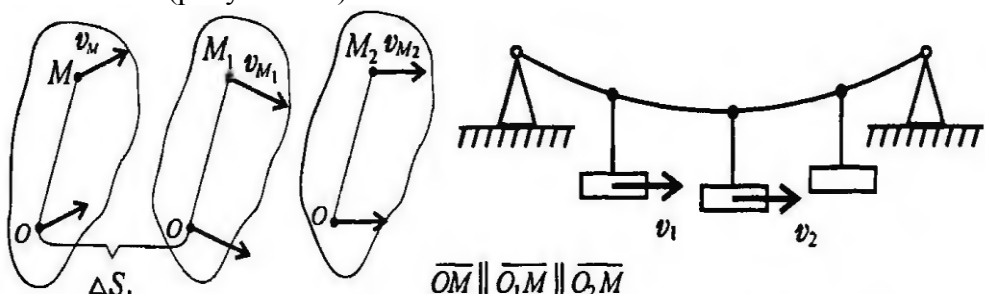
Перемещение точки М в одну сторону считается положительным, в другую - отрицательным.

Задание	Изучите материал лекции. В рабочей тетради запишите дату, тему занятия, составьте конспект. Ответьте на контрольные вопросы, сфотографируйте и пришлите мне.
Контрольные вопросы	1. Назовите основные кинематические параметры 2. Перечислите виды движения 3. Укажите способы задания движения точки

Группа	201
Дата	8.11.2020
Время	12 ¹⁰ - 13 ⁰⁰
Наименование УД/МДК/УП/ПП	ОП 10. ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
Ф.И.О. преподавателя	Горлачева Е.Н.

Обратная связь	e-meil: gorlachevaen@yandex.ru Whatsapp: +79188705779
Основная литература	А.А. Эрдеди, Н.А.Эрдеди Техническая механика (4-е изд.) учебник–Москва: «Академия» 2017г.
Тема	СКОРОСТЬ И УСКОРЕНИЕ Скорость движения – это векторная величина, характеризующая в данный момент быстроту и направление движения по траектории. Скорость - вектор, в любой момент направленный по касательной к траектории в сторону направления движения (рисунок 2.3).  Рисунок 2.3 Если точка за равные промежутки времени проходит равные расстояния, то движение называют равномерным. Средняя скорость на пути ΔS определяется: $v_{cp} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ где ΔS- пройденный путь за время Δt; Δt- промежуток времени. Если точка за равные промежутки времени проходит неравные пути, то движение называют неравномерным. В этом случае скорость - величина переменная и зависит от времени $v = f(t)$ Скорость в данный момент определяют как $v = \frac{dS}{dt}$ Ускорение точки - векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости по величине и направлению. Скорость точки при перемещении из точки M_1 в точку M_2 меняется по величине и направлению. Среднее значение ускорения за этот промежуток времени $a_{cp} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ Ускорение в данный момент: $a = \frac{dv}{dt}$ Обычно для удобства рассматривают две взаимно перпендикулярные составляющие ускорения: нормальное и касательное (рисунок 2.4)  Рисунок 2.4 Нормальное ускорение a_n, характеризует изменение скорости по направлению и определяется как $a_n = \frac{v^2}{r}$

	Нормальное ускорение всегда направлено перпендикулярно скорости к центру дуги. <i>Касательное ускорение</i> a_t, характеризует изменение скорости по величине и всегда направлено по касательной к траектории; при ускорении его направление совпадает с направлением скорости, а при замедлении оно направлено противоположно направлению вектора скорости. $a_t = \frac{d\vartheta}{dt} = \vartheta' = S''$ Значение полного ускорения определяется, как: $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$
Задание	Изучите материал лекции. В рабочей тетради запишите дату, тему занятия, составьте конспект.
Контрольный тест	№1: Дано уравнение движения точки. Определить скорость точки в конце третьей секунды движения и среднюю скорость за первые три секунды. $S = 0,36t^2 + 0,81t$ №2: По заданному закону движения определить вид движения, начальную скорость и касательное ускорение точки, время до остановки. $S = 10 + 20t - 5t^2$

Группа	201
Дата	10.11.2020
Время	10 ¹⁰ - 11 ⁰⁰
Наименование УД/МДК/УП/ПП	ОП 10. ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
Ф.И.О. преподавателя	Горлачева Е.Н.
Обратная связь	e-mail: gorlachevaen@yandex.ru Whatsapp: +79188705779
Основная литература	А.А. Эрдеди, Н.А. Эрдеди Техническая механика (4-е изд.) учебник–Москва: «Академия» 2017г.
Тема	ДВИЖЕНИЯ ТВЁРДОГО ТЕЛА 1. Простейшие движения Поступательным движением называют движение твёрдого тела, при котором всякая прямая линия на теле при движении остаётся параллельной своему начальному положению (рисунок 2.7)  $\overline{OM} \parallel \overline{OM_1} \parallel \overline{OM_2}$ Рисунок 2.7 При поступательном движении все точки тела движутся одинаково: скорости и ускорения в каждый момент одинаковы. При вращательном движении все точки тела описывают окружности вокруг общей неподвижной оси. Неподвижная ось, вокруг которой вращаются все точки тела, называют осью вращения.

Для описания вращательного движения тела вокруг неподвижной оси можно использовать только *угловые параметры*. (рисунок 2.8)

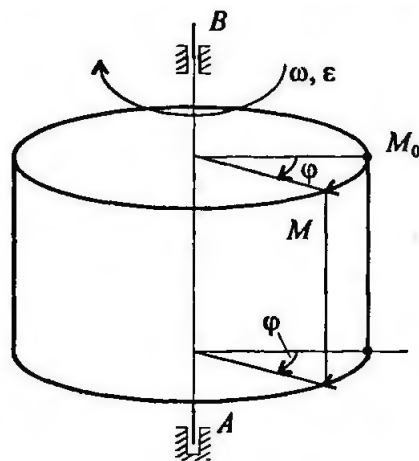


рисунок 2.8

φ – угол поворота тела;

ω – угловая скорость, определяет изменение угла поворота в единицу времени;

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

Изменение угловой скорости во времени определяется угловым ускорением:

$$\epsilon = \frac{d\omega}{dt}$$

2. Сложное движение точки – такое движение, при котором точка одновременно участвует в нескольких движениях (напр. пассажир, перемещающийся по движущемуся вагону).

В этом случае вводится подвижная система координат ($Oxyz$), которая совершает заданное движение относительно неподвижной (основной) системы координат ($O_1x_1y_1z_1$).

Абсолютным движением точки называется движение по отношению к неподвижной системе координат (перемещение человека по движущемуся вагону относительно Земли).

Относительное движение – движение по отношению к подвижной системе координат (движение человека по вагону). *Переносное движение* – движение подвижной системе координат относительно неподвижной (движение вагона относительно земли).

3. Плоскопараллельное движение тела.

Плоским, или плоскопараллельным, движением твердого тела называется такое движение, при котором каждая точка тела движется в плоскости, параллельной некоторой неподвижной плоскости. Примерами плоского движения являются движение шайбы по льду, колеса поезда по прямолинейному участку пути.

Плоское движение тела можно разложить на поступательное и вращательное относительно выбранного центра. На рис. 21 показано, что тело из положения I можно переместить в положение II, используя два варианта:

1вариант. Перемещаем тело поступательно так, чтобы прямая AB , перемещаясь параллельно самой себе, заняла в пространстве положение A_2B_1 . После этого повернем тело вокруг точки B_1 на угол φ_1 .

2вариант. Переместим тело поступательно из положения I так, чтобы прямая AB совместилась с прямой A_1B_2 , ей параллельной. После этого будем вращать тело вокруг точки A_1 до тех пор, пока точка B_2 не попадет в точку B_1 . Поскольку $A_1B_2 \parallel A_2B_1$, то углы $\varphi_1 = \varphi_2$. Следовательно, чтобы занять положение II, тело может совершить различные поступательные движения (в зависимости от выбранного полюса), а вращение, как в первом, так и во втором варианте, будет одинаковым.

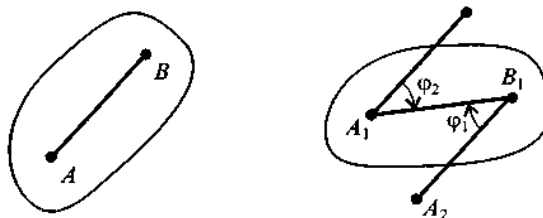


Рис. 21 Плоскопараллельное движение

Следовательно, любое плоское движение можно разложить на поступательное движение тела вместе с выбранным полюсом и вращательное относительно полюса. Чаще всего такой полюс выбирают центр масс тела.

4. Мгновенный центр скоростей.

Неизменно связанная с телом точка, скорость которой равна нулю, называется *мгновенным центром скоростей*. Мгновенный центр скоростей (МЦС) лежит на перпендикулярах к скоростям точек тела, опущенных из этих точек (рис. 22).

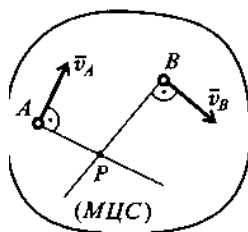


Рис. 22 Мгновенный центр скоростей

Различные случаи определения мгновенного центра скоростей показаны на рис. 23, а-в.

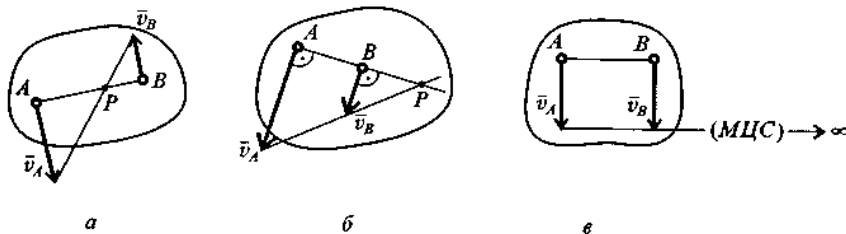
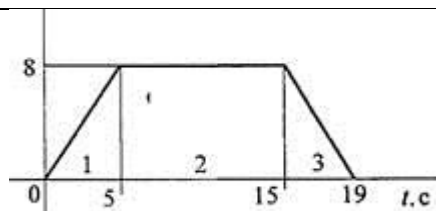


Рис.23 Примеры нахождения МЦС

Задание	Изучите материал лекции. В рабочей тетради запишите дату, тему занятия, составьте конспект.
Контрольный тест	Дайте определение следующим понятиям: 1. Простейшие движения, виды 2. Сложное движение точки 3. Плоскопараллельное движение тела 4. Мгновенный центр скоростей

Группа	201
Дата	13.11.2020
Время	11 ¹⁰ – 13 ⁰⁰ отработка за 1.11
Наименование УД/МДК/УП/ПП	ОП 10. ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
Ф.И.О. преподавателя	Горлачева Е.Н.
Обратная связь	e-meil: gorlachevaen@yandex.ru Whatsapp: +79188705779

Основная литература	А.А. Эрдеди, Н.А.Эрдеди Техническая механика (4-е изд.) учебник—Москва: «Академия» 2017г.
Тема	Практическая работа «Кинематика точки» Пример 1. По заданному закону движения $S = 10 + 20t - 5t^2$ ($[S] = \text{м}; [t] = \text{с}$) определить вид движения, начальную скорость и касательное ускорение точки, время до остановки. (Рекомендуется обойтись без расчетов, использовать метод сравнения заданного уравнения с уравнениями различных видов движений в общем виде.) Решение 1. Вид движения: равнопеременное $(S = S_0 + v_0t + \frac{a_t t^2}{2})$. 2. При сравнении уравнений очевидно, что — начальный путь, пройденный до начала отсчета 10 м; — начальная скорость 20 м/с; — постоянное касательное ускорение $\frac{a_t}{2} = -5 \text{ м/с}^2; a_t = -10 \text{ м/с}^2$. — ускорение отрицательное, следовательно, движение равнозамедленное, ускорение направлено в сторону, противоположную направлению скорости движения. 3. Определяем время, при котором скорость точки будет равна нулю: $v = S' = 20 - 2 \cdot 5t; v = 20 - 10t; v = 0; t = \frac{20}{10} = 2 \text{ с}.$ <i>Примечание:</i> Если при равнопеременном движении скорость растет, значит, ускорение — положительная величина, график пути — вогнутая парабола. При торможении скорость падает, ускорение (замедление) — отрицательная величина, график пути — выпуклая парабола. Пример 2. Точка движется по желобу из точки А в точку D. Как изменятся касательное и нормальное ускорения при прохождении точки через В и С? Скорость движения считать постоянной. Радиус участка АВ = 10 м, радиус участка ВС = 5 м. <i>Рис. 10.5</i> Решение 1. Рассмотрим участок АВ. Касательное ускорение равно нулю $v = \text{const}$ Нормальное ускорение при переходе через точку В увеличивается в 2 раза, оно меняет направление, т. к. центр дуги АВ не совпадает с центром дуги ВС. 2. На участке ВС: — касательное ускорение равно нулю: $a_t = 0$; — нормальное ускорение $(a_n = \frac{v^2}{r})$ при переходе через точку С меняется: до точки С движение вращательное, после точки С движение становится прямолинейным, нормальное напряжение на прямолинейном участке равно нулю. 3. На участке CD полное ускорение равно нулю. Пример 3. По заданному графику скорости найти путь, пройденный за время движения .



Решение

1. По графику следует рассмотреть три участка движения. Первый участок — разгон из состояния покоя (равноускоренное движение).

Уравнение скорости $v_1 = v_0 + a_1 t_1; v_0 = 0$.

Ускорение $a_1 = \frac{v_1}{t_1}; a_1 = \frac{8}{5} = 1,6 \text{ м/с}^2$.

Второй участок — равномерное движение: $v = 8 \text{ м/с}; a_2 = 0$

Третий участок — торможение до остановки (равнозамедленное движение)

Уравнение скорости $v_3 = v_{03} + a_3 t_3; v_3 = 0$.

Ускорение $a_3 = -\frac{v_{03}}{t_3}; a_3 = -\frac{8}{4} = -2 \text{ м/с}^2$.

2. Путь, пройденный за время движения, будет равен:

Пример 4. Тело, имевшее начальную скорость 36 км/ч, прошло 50 м до остановки. Считая движение равнозамедленным, определить время торможения.

Решение

1. Записываем уравнение скорости для равнозамедленного движения:

$$v = v_0 + at = 0$$

$$v_0 = \frac{36 \cdot 1000}{3600} = 10 \text{ м/с.}$$

Определяем начальную скорость в м/с:

Выразим ускорение (замедление) из уравнения скорости:

$$a = -\frac{v_0}{t}.$$

2. Записываем уравнение пути:

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

$$S = \frac{v_0 t}{2}.$$

После подстановки получим:

3. Определяем время до полной остановки (время торможения):

$$t = \frac{2S}{v_0} = \frac{2 \cdot 50}{10} = 10 \text{ с.}$$

Тема: «Простейшие виды движения твердого тела»

Пример 5. Ротор электродвигателя вращается со скоростью, описываемой уравнением $\omega = 2\pi t$. Определить вид движения.

Решение

1. Анализируем выражение для скорости: скорость меняется и зависит от времени линейно. Следовательно, угловое ускорение — постоянно, $\varepsilon = \omega' = 2\pi = \text{const}$.

2. Движение равнопеременное (равноускоренное, т. к. ускорение положительно).

Пример 6. Тело вращалось равноускоренно из состояния покоя сделало 360 оборотов за 2 мин. Определить угловое ускорение.

Решение

1. Один оборот равен 2π радиан. Следовательно:

$$360 \text{ оборотов} = 720\pi \text{ рад}, \quad \varphi = 720\pi \text{ рад.}$$

2. Закон равнопеременного вращательного движения

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}.$$

В данном случае $\varphi_0 = 0$; $\omega_0 = 0$.

Следовательно, $\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2}$.

Откуда $\varepsilon = \frac{2\varphi}{t^2}$.

3. Угловое ускорение равно $\varepsilon = \frac{2 \cdot 720 \cdot \pi}{(120)^2} = 0,314 \text{ рад/с}^2$.

Пример 7. Тело вращалось с угловой частотой 1200 об/мин.

Затем движение стало равнозамедленным, и за 30 секунд скорость упала до 900 об/мин. Определить число оборотов тела за это время и время до полной остановки.

Решение

1. Построить график изменения скорости за 30 с (рис. 11.9).

Определяем угловую скорость вращения тела:

$$\omega_0 = \frac{1200 \cdot \pi}{30} = 40\pi \text{ рад/с}; \quad \omega = \frac{900\pi}{30} = 30\pi \text{ рад/с.}$$

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{30\pi - 40\pi}{30} = -\frac{1}{3}\pi \text{ рад/с}^2.$$

Определяем угловое ускорение:

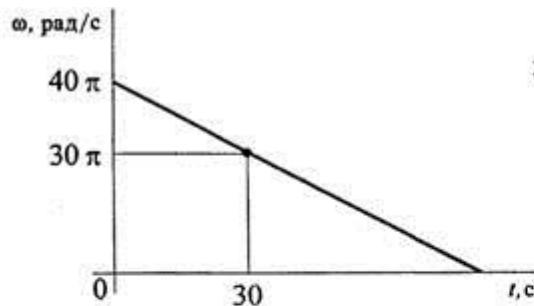


Рис. 11.9

Определяем угол поворота за прошедшее время:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2};$$

$$\varphi_0 = 0;$$

$$\varphi = 40\pi \cdot 30 - \frac{1}{3} \frac{\pi \cdot (30)^2}{2};$$

$$\varphi = 1050\pi \text{ рад.}$$

$$\text{Число оборотов за 30 с: } z = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{1050\pi}{2\pi} = 525 \text{ об.}$$

2. Определяем время до полной остановки.

Скорость при остановке равна нулю, $\omega = 0$.

Таким образом, $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$; $0 = \omega_0 + \varepsilon t$.

$$\text{Тогда } t_{\text{ост}} = -\frac{\omega_0}{\varepsilon}; \quad t_{\text{ост}} = \frac{40\pi \cdot 3}{\pi} = 120 \text{ с.}$$

Пример 8. Маховое колесо вращается равномерно со скоростью 120 об/мин (рис. 11.10).

Радиус колеса 0,3 м. Определить скорость и полное ускорение точек на ободе колеса, а также скорость точки, находящейся на расстоянии 0,15 м от центра.

Решение

1. Угловая скорость

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 120}{30} \approx 12,56 \text{ рад/с.}$$
2. Линейная скорость на ободе колеса
 $v = \omega r; v_A = \omega r_A; v_A = 12,56 \cdot 0,3 = 3,77 \text{ м/с.}$
3. Скорость в точке C (рис. 11.10)
 $v_C = \omega r_C; v_C = 12,56 \cdot 0,15 = 1,88 \text{ м/с.}$
4. Угловое ускорение $\varepsilon = \omega' = 0$.

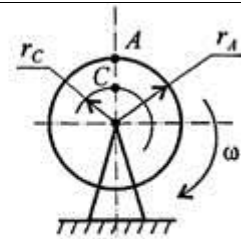
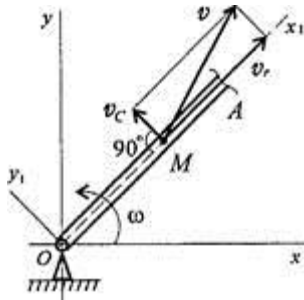


Рис. 11.10

Касательное ускорение точки A $a_{tA} = 0$; нормальное ускорение точки A $a_{nA} = \omega^2 r_A$; $a_{nA} = (12,56)^2 \cdot 0,3 = 47,3 \text{ м/с}^2$.

5. Полное ускорение точек на ободе колеса

$$a_A = \sqrt{a_{tA}^2 + a_{nA}^2}; \quad a_A = a_{nA} = 47,3 \text{ м/с}^2.$$

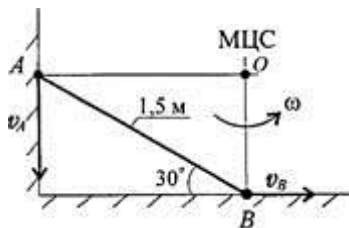


Задание

Рассмотрите примеры решения задач, запишите их в тетрадь.
Решите задачи контрольного теста, сфотографируйте и пришлите мне.

Контрольный
тест

1. Стержень АВ соскальзывает вниз, опираясь концами о стену и пол. Длина стержня 1,5 м; в момент, изображенный на чертеже, скорость точки $v_B = 3 \text{ м/с}$.



Найти скорость точки A.

2. Тело, имевшее начальную скорость 36 км/ч, прошло 50 м до остановки. Считая движение равнозамедленным, определить время торможения.