

Занятие №7 Основные понятия кинематики

Изучить (законспектировать) основные понятия и определения.

Ответить на вопросы:

-что такое скорость

-что такое ускорение

D-2.1, D-2.2 Зоч. № 43

РАЗДЕЛ 2. КИНЕМАТИКА

Тема № 9. Кинематика точки.

Занятие № 19 Основные понятия. Способы задания движения точки.

1. Основные понятия кинематики.

Кинематика – часть теоретической механики, в которой изучаются движения материальных тел без учета их масс и действующих на них сил.

Движение тела – это изменение с течением времени его положения в пространстве по отношению к другим телам.

Обычно с телом, по отношению к которому изучают движение, связывают какую-нибудь систему координат, которую вместе с выбранным способом измерения времени называют системой отчета.

Если координаты всех точек тела в выбранной системе отсчета остаются все время неизменными, то тело находится в покое.

Если рассматривается движение тела по отношению к условно неподвижной системе отсчета, то движение называется абсолютным; движение по отношению к подвижной системе отсчета называют относительным.

Классическая механика полагает, что пространство и время имеют абсолютный, независимый друг от друга характер и что их свойства не зависят от распределения и движения материи.

Теория относительности – это современная физическая теория пространства и времени; с ней тесно связаны такие понятия, как движение, масса, энергия и др.

2. Основные определения теории механизмов и машин.

Теория механизмов и машин занимается применением законов теоретической механики к механизмам и машинам.

Основоположник русской школы – П. Л. Чебышев (1821–1894).

Механизмом называется совокупность связанных между собой тел, имеющих определенные движения. Механизмы служат для передачи или преобразования движения.

Машина есть механизм или сочетание механизмов, осуществляющих определенные целесообразные движения для преобразования энергии (энергетические машины), изменения формы, свойств, состояния и положения предмета труда (рабочие машины) или для сбора, переработки и использования информации (информационные машины).

Простейшей частью механизма является звено. Звено – это одно тело или неизменяемое сочетание тел.

Два звена, соединенные между собой и допускающие относительное движение, называются кинематической парой.

Совокупность кинематических пар называется кинематической цепью.

Неподвижное звено называется станиной или стойкой.

Звено, вращающееся вокруг неподвижной оси, называется кривошипом. (ОА)

Звено, качающееся вокруг неподвижной оси, называется баланси́ром или коромы́слом.

Звено, совершающее сложное движение параллельно какой-то плоскости, называется шату́ном. (АВ)

Звено, движущееся возвратно- поступательно, называется ползу́ном. (В)

Звено, выполненное в виде рейки с пазом, называется кули́сой.

Звено, к которому извне сообщается определенное движение, называется веду́щим.

Остальные подвижные звенья называются веду́мыми.

Пример: кривошипно – шатунный механизм состоит из четырех звеньев– кривошипа, шатуна, ползуна, станины (блок цилиндров в двигателе автомобиля).

3. Способы задания движения точки.

Знание законов движения тела означает знание законов движения каждой его точки. Траекторией точки называется множество (геометрическое место) положений движущейся точки в рассматриваемой системе отсчета. В зависимости от формы траектории движение точки бывает двух видов: прямолинейное и криволинейное.

Путь - расстояние вдоль траектории

Есть два способа задания движения точки: естественный и координатный.

Естественный способ заключается в том, что движение точки задается ее траекторией и уравнением движения по этой траектории (законом движения).

Уравнение движения в общем виде записывается:

$$S = f(t),$$

S – расстояние точки от начального положения,

t – время движения точки от начального момента.

Зная траекторию точки и уравнение движения по этой траектории, можно определить положение точки в любой момент времени.

Координатный способ заключается в том, что движение точки задается движением ее проекций вдоль осей координат. Уравнения плоского движения точки в координатной форме записываются:

$$x = f(t), y = f(t).$$

Для того чтобы при координатном способе определить уравнение траектории $y = f(x)$, необходимо из уравнений движения исключить время.

4. Кинематические характеристики движения.

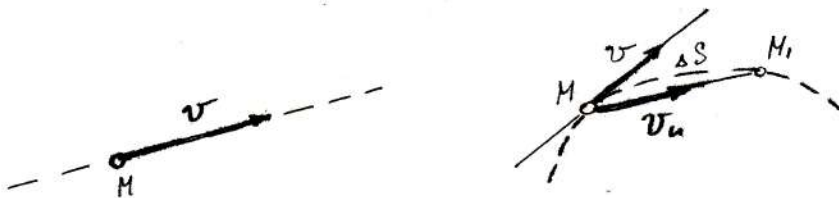
Скорость есть кинематическая мера движения точки, характеризующая быстроту изменения ее положения.

Как известно, при равномерном движении скорость измеряется длиной пути, пройденной за единицу времени

$$v = s / t \text{ [м/с].}$$

Скорость есть величина векторная.

При прямолинейном равномерном движении скорость постоянна и по модулю, и по направлению, а вектор ее совпадает с траекторией. При криволинейном



движении скорость точки по направлению меняется. Для того чтобы установить направление вектора скорости при криволинейном движении, разобьем траекторию на бесконечно малые участки пути, которые можно считать прямолинейными. Тогда на каждом участке условная скорость такого прямолинейного движения будет направлена по хорде. В пределе при Δs , стремящемся к нулю, хорда совпадает с касательной, следовательно, скорость в каждый момент времени направлена по касательной к траектории в сторону движения. При неравномерном движении точки модуль ее скорости меняется.

Движение задано уравнением $s = f(t)$.

Если за небольшой промежуток времени Δt точка прошла путь Δs , от ее средняя скорость равна $v_{cp} = \Delta s / \Delta t$.

Средняя скорость не дает представления об истинной скорости (мгновенной скорости) в каждый данный момент времени.

Истинная скорость есть предел, к которому стремится средняя скорость при Δt , стремящемся к нулю:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v_{cp} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta s / \Delta t = \frac{ds}{dt}$$

Таким образом, числовое значение скорости равно

$$v = \frac{ds}{dt}$$

Истинная скорость при любом движении точки равна первой производной координаты по времени.

Движение, в котором скорость с течением времени возрастает, называется ускоренным; движение, в котором скорость с течением времени убывает, — замедленным.

Ускорение есть кинематическая мера изменения вектора скорости точки.

Ускорение есть величина векторная. При прямолинейном движении точки вектор скорости совпадает с траекторией и поэтому вектор изменения скорости также совпадает с траекторией. Если за небольшой промежуток времени Δt скорость точки изменилась на Δv , то среднее ускорение

$$a_{cp} = \Delta v / \Delta t.$$

Среднее ускорение не дает представления об истинном ускорении в каждый данный момент времени. Чем меньше промежуток времени, за который определяется среднее ускорение, тем ближе оно к истинному. Истинное ускорение есть предел

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} a_{cp} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

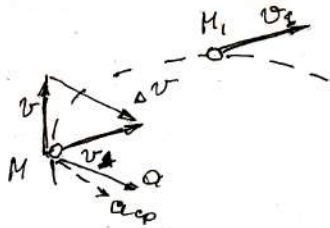
Таким образом, учитывая, что $v = \frac{ds}{dt}$, получим

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

Истинное ускорение в прямолинейном движении равно первой производной скорости или второй производной координаты по времени.

$$[a] = \frac{[v]}{[t]} = \text{м/с}^2$$

При движении точки по криволинейной траектории скорость меняет свое направление.



Представим себе точку M, которая за время Δt , двигаясь по криволинейной траектории, переместилась в положение M_1 .

Вектор приращения скорости обозначим Δv , тогда

$$\Delta v = v_1 - v.$$

Для нахождения вектора Δv перенесем вектор v_1 в точку M и построим треугольник скоростей. Определим вектор среднего ускорения:

$$a_{cp} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Вектор a_{cp} параллелен вектору Δv , так как от деления векторной величины на скалярную направление вектора не меняется. Вектор истинного ускорения есть предел

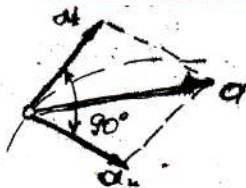
$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Такой предел называют векторной производной.

Таким образом, истинное ускорение точки в криволинейном движении равно векторной производной скорости по времени.

Вектор ускорения в криволинейном движении всегда направлен в сторону вогнутости траектории.

Проекция полного ускорения на нормаль к траектории называется нормальным ускорением; проекция полного ускорения на касательную к траектории называется касательным (тангенциальным) ускорением. Они показаны на рис. 9.9.



Теорема. Нормальное ускорение равно квадрату скорости, деленному на радиус кривизны траектории в данной точке, касательное ускорение – первой производной скорости по времени (без доказательства).

$$a_n = \frac{v^2}{\rho}, \quad a_t = \frac{dv}{dt}.$$

Анализируя формулы касательного и нормального ускорений, можно видеть, что если нет изменения скорости по модулю, то $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$; если нет изменения скорости по направлению (прямолинейное движение), то $a_n = \frac{v^2}{\rho} = 0$.

Отсюда следует, что касательное ускорение характеризует изменение скорости только по модулю, а нормальное – только по направлению.

Зная касательное и нормальное ускорения, можно вычислить модуль и направление полного ускорения по формулам:

$$\begin{aligned} \text{модуль ускорения} \quad a &= \sqrt{a_t^2 + a_n^2}; \\ \text{направление ускорения} \quad \cos(\alpha_t, a) &= a_t / a. \end{aligned}$$