

I. КИНЕМАТИКА

§ 1. Основные определения и формулы

п1.1 Все тела в природе движутся. Изменение положения одного тела относительно другого тела с течением времени называется *механическим движением*. Именно механические движения вне зависимости от сил, действующих на тела, описывает *кинематика*. Любое механическое движение всегда является относительным движением или перемещением относительно какого-либо другого тела.

Тело, относительно которого наблюдается движение, называется *телом отсчета*.

С телом отсчета связывают некоторую систему линий, пересекающихся в том месте, где находится тело отсчета. Совокупность линий, связанных с телом отсчета, называют *системой координат*, а точку пересечения линий — *началом координат*. Тело отсчета, связанная с ним система координат и часы образуют *систему отсчета*.

п1.2 Изучение механики начинают с изучения законов движения материальной точки. Под *материальной точкой* подразумевают небольшую часть тела, размеры которой достаточно малы по сравнению с размерами всего тела, или само тело, размеры которого малы по сравнению с расстоянием, проходимым телом. Движение материальной точки характеризуется траекторией, длиной пути, координатами тела, перемещением, скоростью и ускорением.

п1.3 *Траекторией* называется линия, в каждой точке которой последовательно побывала движущаяся точка.

Путь – это длина участка траектории, заключенного между двумя точками, определяющими положение тела в начале и конце интересующего нас движения.

п1.4 При изучении движения тела мы пользуемся, как правило, декартовой системой координат, которая представляет собой совокупность трех прямых линий, пересекающихся под прямым углом. При движении материальной точки по одной прямой положение ее можно описать с помощью *одной координаты*. Положительные и отрицательные числа, определяющие положение точки, называются *координатами точки*, а прямая, вдоль которой отсчитывается расстояние – *осью координат*.

При движении точки по плоскости ее положение описывается двумя координатами (X, Y). Положение тела в пространстве задается тремя координатами (X, Y, Z) или радиусом-вектором $\vec{r} = \vec{r}(t)$.

Радиус-вектор – это направленный отрезок, проведенный из начала координат в место положения материальной точки.

Перемещение – это вектор, соединяющий начальное и конечное положение точки. Обозначается: $\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$, где \vec{r}_1 и \vec{r}_2 – радиусы-векторы, проведенные из начала координат в начальное и конечное положение точки (рис. 1.1).

п.5 Состояние движения тела характеризуется вектором *средней скорости*

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2(t) - \vec{r}_1(t)}{\Delta t},$$

направленным в ту же сторону, что и перемещение $\Delta \vec{r}$, и *мгновенной скоростью* (скоростью в данный момент времени)

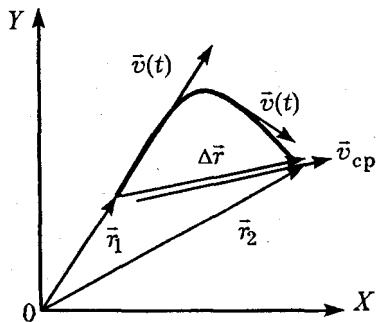


Рис. 1.1

$$\vec{v}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t},$$

направленной по касательной к траектории (рис. 1.1).

п.6 Часто в житейской практике, например при составлении расписания поездов или при поездке в такси, важно знать путь, пройденный телом, который определить с помощью вектора средней скорости в общем случае нельзя, поэтому вводят скалярную величину *средней скорости* $v_{\text{ср}}$. Именно эту величину показывают спидометры всех автомобилей, поездов, теплоходов и т.д. Эту скорость называют *средним модулем скорости* v (путевая скорость). Эта скорость по определению равна отношению полного пути (т.е. длины траектории), пройденного телом, к промежутку времени, за который этот путь пройден, т.е.

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{\Delta t}.$$

п1.7 Изменение скорости со временем определяется ускорением :

$$\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}.$$

В школьном курсе физики рассматриваются два вида движения: $\bar{a} = 0$ и $\bar{a} = \text{const}$. В первом случае тело движется равномерно и прямолинейно ($\bar{v} = \text{const}$). В этом случае положение тела в любой момент времени можно описать с помощью радиуса-вектора, который меняется по закону

$$\bar{r}(t) = \bar{r}_0 + \bar{v}_0 t,$$

где r_0 — начальное положение тела. Например, при движении тела вдоль оси OX его скорость $v_x = v_0 = \text{const}$, а координата меняется по закону $x(t) = x_0 + v_x t$, где x_0 — начальная координата. При $\bar{a} = \text{const}$ движение тела — равнопеременное. В этом случае скорость тела и положение тела в пространстве описываются формулами

$$\bar{v}(t) = \bar{v}_0 + \bar{a}t; \quad \bar{r}(t) = \bar{r}_0(t) + \bar{v}_0 t + \frac{\bar{a}t^2}{2}.$$

При движении тела, например, вдоль оси OX эти формулы будут иметь вид

$$v_x(t) = v_{0x} + a_x t; \quad x(t) = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2},$$

где v_{0x} — начальная скорость вдоль оси OX ; a_x — ускорение вдоль оси OX .

Аналогичный вид имеют формулы для скорости и координаты при движении вдоль осей OY и OZ :

$$v_y(t) = v_{0y} + a_y t; \quad y(t) = y_0 + v_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2};$$

$$v_z(t) = v_{0z} + a_z t ; z(t) = z_0 + v_{0z} t + \frac{a_z t^2}{2}.$$

Уравнения для координаты и скорости позволяют решить любую задачу на движение точки с постоянным ускорением. Уравнение для координаты часто называют *основным уравнением кинематики*.

§ 2. Простейшие операции с векторными величинами

В механике часто встречаются с такими величинами, как скорость, перемещение, ускорение, сила и т. д. Для полного описания этих величин важно знать не только их числовые значения, но и направление в каждый момент времени.

Любая величина, значение которой определяется не только числом, но и направлением в пространстве, называется *векторной*. Мы будем обозначать любую векторную величину буквой со стрелкой наверху: \vec{a} . Длина направленного отрезка, измеренная в определенном масштабе, равна абсолютной величине вектора и обозначается $|\vec{a}|$ или a .

Два вектора называются равными, если они имеют одинаковую длину и направлены в одну сторону (рис. 1.2).

Сложение и вычитание векторов. Векторы складываются геометрически: сумма

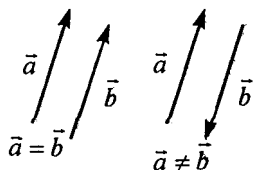


Рис. 1.2