

§ 2.6. Механический принцип относительности

1. Из данного в § 2.1 определения инерциальной системы отсчета следует, что во всех инерциальных системах отсчета ускорение изолированной материальной точки должно быть равно нулю. Это позволяет установить, как должна двигаться относительно инерциальной системы отсчета какая-либо другая система отсчета для того, чтобы она также была инерциальной. Оказывается, что две инерциальные системы отсчета могут двигаться друг относительно друга только поступательно и притом равномерно и прямолинейно. Вопрос о

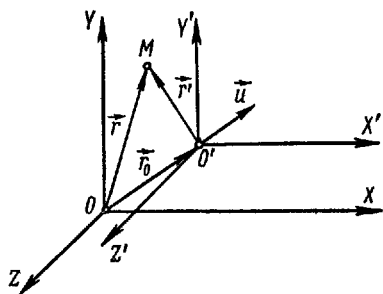


Рис. 2.3.

неинерциальности системы отсчета, обусловленной ее вращением или ускоренным поступательным движением, будет подробно рассмотрен в VII главе. Здесь же мы ограничимся доказательством достаточности высказанного выше ограничения возможных относительных движений двух инерциальных систем отсчета.

2. Рассмотрим две системы отсчета: инерциальную систему X, Y, Z , которую будем условно считать неподвижной, и подвижную систему X', Y', Z' , скорость которой в поступательном движении $\mathbf{u} = \text{const}$. Примем для упрощения задачи, что в начальный момент времени $t = 0$ начала O и O' обеих систем координат и сходственные оси совпадают. Тогда взаимное расположение этих систем в произвольный момент времени t имеет вид, изображенный на рис. 2.3. Скорость \mathbf{u} направлена вдоль прямой OO' , а радиус-вектор, проведенный из O в O' , $\mathbf{r}_0 = \mathbf{u}t$. Положение произвольной материальной точки M в неподвижной и подвижной системах отсчета определяется радиусами-векторами \mathbf{r} и \mathbf{r}' , причем

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}' + \mathbf{r}_0 = \mathbf{r}' + \mathbf{u}t. \quad (2.20)$$

В проекциях на оси координат это векторное равенство записывают в следующем виде, называемом **преобразованием координат Галилея**:

$$\left. \begin{aligned} x &= x' + u_x t; \\ y &= y' + u_y t; \\ z &= z' + u_z t. \end{aligned} \right\} \quad (2.21)$$

В классической ньютоновской механике принимают, что ход времени не зависит от относительного движения систем отсчета. Поэтому систему (2.21) можно дополнить еще одним уравнением:

$$t = t'. \quad (2.21')$$

Дифференцируя уравнение (2.20) по времени и учитывая, что $u = \text{const}$, найдем соотношение между скоростями и ускорениями точки M относительно обеих систем отсчета:

$$v = v' + u \text{ и } a = a'. \quad (2.22)$$

Если точка M не подвержена действию других тел, то $a = 0$. Поскольку a' также равно нулю, рассматриваемая нами подвижная система действительно является инерциальной — изолированная материальная точка либо движется относительно нее равномерно и прямолинейно, либо покоится.

3. В общем случае силы взаимодействия между телами зависят от взаимного расположения этих тел и от скоростей их движения друг относительно друга. Из соотношений (2.20) и (2.22) следует, что для любых двух материальных точек 1 и 2

$$r_2' - r_1' = r_2 - r_1 \text{ и } v_2' - v_1' = v_2 - v_1.$$

Следовательно, силы, действующие на данную материальную точку (или тело) со стороны других тел, одинаковы во всех инерциальных системах отсчета, т. е.

$$F = F'. \quad (2.23)$$

Из соотношений (2.22) и (2.23) для инерциальных систем отсчета следует, что

$$\frac{F'}{a'} = \frac{F}{a} = m.$$

Таким образом, уравнения Ньютона для материальной точки, а также для произвольных систем материальных точек одинаковы во всех инерциальных системах отсчета — инвариантны по отношению к преобразованию Галилея.

Этот результат называется механическим принципом относительности (принципом относительности Галилея) и часто формулируется следующим образом: *равномерное и прямолинейное движение (относительно какой-либо инерциальной системы отсчета) замкнутой системы не влияет на закономерности протекания в ней механических процессов.*

Следовательно, в механике все инерциальные системы отсчета совершенно равноправны. На основе законов механики нельзя выделить из множества инерциальных систем отсчета какую-то «главную» инерциальную систему отсчета, которая обладала бы какими-либо преимуществами перед другими, так что движение тел относительно нее можно было бы рассматривать как их «абсолютное движение», а покой — как «абсолютный покой».

Вопросы для повторения

1. Что называют массой тела? Какой смысл вкладывают в понятие силы?

2. Сформулируйте три закона Ньютона. В каких системах отсчета они справедливы? Какова взаимосвязь между этими законами?