

стержня в рассматриваемой системе отсчета в один и тот же момент времени. Расстоянием между этими неподвижными точками и будет, по определению, длина движущегося стержня  $l$ . Если взять другую систему отсчета, то, ввиду относительности одновременности, концы стержня пройдут в этой системе отсчета мимо точек  $A$  и  $B$ , вообще говоря, не одновременно. Роль  $A$  и  $B$  будут играть другие точки  $A'$  и  $B'$ , неподвижные в новой системе отсчета. Расстояние между этими точками  $l'$ , вообще говоря, не будет совпадать с  $l$ . Таким образом, как и промежутки времени, длины отрезков также относительны.

11. Дорелятивистская физика считала длины тел и промежутки времени абсолютными. С ее точки зрения можно было говорить об одновременности событий, не указывая, в какой системе отсчета эти события рассматриваются. Можно было говорить о длине тела, не указывая, покоится оно или движется в рассматриваемой системе отсчета. Основанием, правда, явно не формулировавшимся, для такой точки зрения было убеждение в существовании сколь угодно быстрых сигналов. Но при рассмотрении медленных движений скорость световых сигналов в вакууме может считаться практически бесконечно большой. В этом приближении исчезают все релятивистские эффекты. Мы приведем в дальнейшем некоторые результаты релятивистской механики ввиду их важности в ядерной физике и физике элементарных частиц. Однако систематическое изложение релятивистской механики будет дано после того, как мы познакомимся с учением об электрических и оптических явлениях. Там же будут подробно разобраны с количественной стороны и вопросы пространства и времени, которые здесь были только поставлены или затронуты качественно.

## § 2. Кинематическое описание движения. Материальная точка

1. *Кинематика* занимается описанием движения, отвлекаясь от его причин. Для описания движения можно выбирать различные системы отсчета. В различных системах отсчета движение одного и того же тела выглядит по-разному. В кинематике при выборе системы отсчета руководствуются лишь соображениями целесообразности, определяющимися конкретными условиями. Так, при рассмотрении движения тел на Земле естественно связать систему отсчета с Землей, что мы и будем делать. При рассмотрении движения самой Земли систему отсчета удобнее связывать с Солнцем и т. п. Никаких принципиальных преимуществ одной системы отсчета по сравнению с другой в кинематике указать нельзя. Все системы отсчета *кинематически эквивалентны*. Только в *динамике*, изучающей движение в связи с силами, действующими на движущиеся тела, выявляются принципиальные преимущества опреде-

ленной системы отсчета или, точнее, определенного класса систем отсчета.

2. Простейшим объектом, движение которого изучает классическая механика, является материальная точка. *Материальной точкой* называется макроскопическое тело, размеры которого настолько малы, что в рассматриваемом движении их можно не принимать во внимание и считать, что все вещество тела как бы сосредоточено в одной геометрической точке. Материальных точек в природе не существует. Материальная точка есть абстракция, идеализированный образ реально существующих тел. Можно или нельзя то или иное тело при изучении какого-либо движения принять за материальную точку — это зависит не столько от самого тела, сколько от характера движения, а также от содержания вопросов, на которые мы хотим получить ответ. Абсолютные размеры тела при этом не играют роли. Важны *относительные размеры*, т. е. отношения размеров тела к некоторым расстояниям, характерным для рассматриваемого движения. Например, Землю при рассмотрении ее орбитального движения вокруг Солнца с громадной точностью можно принять за материальную точку. Характерной длиной здесь является радиус земной орбиты  $R \approx 1,5 \cdot 10^8$  км. Он очень велик по сравнению с радиусом земного шара  $r \approx \approx 6,4 \cdot 10^3$  км. Благодаря этому при орбитальном движении все точки Земли движутся практически одинаково. Поэтому достаточно рассмотреть движение только одной точки, например центра Земли, и считать, что все вещество Земли как бы сосредоточено в этой геометрической точке. Такая идеализация сильно упрощает задачу об орбитальном движении Земли, сохраняя, однако, все существенные черты этого движения. Но эта идеализация не годится при рассмотрении вращения Земли вокруг собственной оси, ибо бессмысленно говорить о вращении геометрической точки вокруг оси, проходящей через эту точку.

В определение материальной точки мы включили условие, что она должна быть *макроскопическим телом*. Это сделано для того, чтобы к ее движению можно было применять классическую механику. Однако в ряде случаев и движение микрочастиц может рассматриваться на основе классической механики. Сюда относятся, например, движения электронов, протонов или ионов в ускорителях и электронно-ионных приборах. В этих случаях микрочастицы можно рассматривать как материальные точки классической механики.

3. Механика одной материальной точки или, короче, *механика точки* в классической физике является основой для изучения механики вообще. С классической точки зрения произвольное макроскопическое тело или систему тел можно мысленно разбить на малые макроскопические части, взаимодействующие между собой. Каждую из таких частей можно принять за материальную точку.

Тем самым изучение движения произвольной системы тел сводится к изучению системы взаимодействующих материальных точек. Естественно поэтому начать изучение классической механики с механики одной материальной точки, а затем перейти к изучению системы материальных точек.

Выберем какую-либо произвольную систему отсчета и будем относить к ней движение материальной точки. Движение точки будет описано полностью, если будет известно ее положение в любой момент времени относительно выбранной системы отсчета. Положение точки мы условимся характеризовать ее прямоугольными координатами  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , являющимися проекциями ее радиус-вектора  $\mathbf{r}$  на координатные оси. Полное описание движения сводится поэтому к нахождению трех координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$  как функций времени  $t$ :

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t), \quad (2.1)$$

или к нахождению одной векторной функции

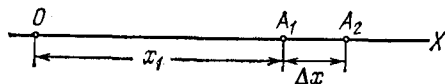
$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t). \quad (2.2)$$

Однако для формулировки основных законов механики, с помощью которых теоретически могут быть найдены рассматриваемые функции, существенны два новых понятия — понятие *скорости* и в особенности понятие *ускорения*. К установлению этих понятий мы и перейдем.

### § 3. Скорость и ускорение при прямолинейном движении.

#### Угловая скорость и угловое ускорение

1. Рассмотрим сначала частный случай, когда материальная точка движется вдоль прямой линии. Примем эту прямую за координатную ось  $X$ , поместив начало координат  $O$  в какой-то произвольной точке ее (рис. 5). Положение материальной точки в рассматриваемом случае определяется одной координатой:



$$x = x(t). \quad (3.1)$$

Рис. 5.

Пусть в какой-то фиксированный момент времени  $t$  материальная точка находится в положении  $A_1$ . В этот момент ее координата равна  $x_1 = x(t)$ . В более поздний момент времени материальная точка переместится в положение  $A_2$  с координатой  $x_2 = x(t + \Delta t)$ . За время  $\Delta t$  материальная точка проходит путь  $\Delta x = x_2 - x_1 = x(t + \Delta t) - x(t)$ . Он считается положительным, если перемещение совершается вправо, и отрицательным, если оно происходит влево. Отношение пройденного пути  $\Delta x$  к промежутку времени  $\Delta t$  называется *средней скоростью материальной*