Глава I

ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ ПО ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ

§ 1. Система отсчета для механических явлений

1. Во второй части первого тома (гл. VII—XIV) мы установили законы механики и изложили систематически наиболее важные следствия из них, относящиеся к явлениям покоя, или, поскольку имелись в виду силы, к явлениям равновесия (статика). Теперь, отправляясь от тех же законов, мы перейдем к механике в собственном смысле, т. е. к явлениям движения, или к динамике; при этом мы начнем с рассмотрения движения одной материальной точки, или, как принято говорить для краткости, с динамики точки.

Этот частный случай движения важен не только вследствие своей схематической простоты, но также и благодаря тому, что он составляет основу динамики произвольных материальных систем, так как каждую такую систему при изучении механических явлений можно рассматривать как образованную из совокупности материальных точек или элементарных частиц.

Вся динамика точки основывается на уравнении

$$F = ma, \tag{1}$$

которое для случая одной материальной точки дает полный синтез всех постулатов механики (т. I, гл. VII). В этом уравнении скалярный, существенно положительный коэффициент m обозначает *массу* точки. Сила F представляет собой все действия на точку со стороны внешней среды или, говоря точнее, является равнодействующей всех сил (активных и реакций связей), действующих на точку, и a обозначает ускорение точки. Так как ускорение имеет относительный характер, то всегда необходимо иметь в виду, что уравнение (1) будет вполне строгим только при условии, что ускорение a отсчитывается *в системе координат, не изменяющей своего положения относительно неподвижных звезд* (т. I, гл. VII, § 7).

Чтобы исключить все несущественные ограничения, относящиеся к системе отсчета, сделаем одно замечание. Пусть $\Omega\xi\eta\zeta$ есть система осей координат, не изменяющая своего положения относительно неподвижных звезд, $\Omega'\xi'\eta'\zeta'$ — другая система осей, совершающая относительно первой системы прямолинейное и равномерное поступательное движение; тогда из теории относительного движения непосредственно следует, что ускорение какой-нибудь точки относительно системы $\Omega'\xi'\eta'\zeta'$ в любой момент будет тождественно с ускорением этой же точки относительно системы $\Omega\xi\eta\zeta$ (т. I, гл. IV, п. 4); таким образом, *основное уравнение* (1) *будет вполне строгим во всех тех случаях, когда движение точки рассматривается в системе координат, движущейся поступательно и притом прямолинейно и равномерно относительно неподвижных звезд, или, другими словами, в системе координат, оси которой сохраняют неизменные направления относительно неподвижных звезд, а начало движется прямолинейно и равномерно.*

В дальнейшем, когда мы будем пользоваться уравнением (1), мы всегда будем подразумевать (если не будет оговорено противное), что движение точки относится к только что указанной системе отсчета. Такую систему для краткости будем называть *инерциальной* или *галилеевой* системой. Последнее название было предложено Эйнштейном в его первой статье (1905 г.) о теории относительности и теперь всюду принято. Оно вполне оправдывается тем, что в сочинениях Галилея с удивительной ясностью и точностью подчеркнут тот факт, что для двух наблюдателей, находящихся относительно друг друга в прямолинейном и равномерном поступательном движении, физические явления протекают по одним и тем же законам.

Однако мы будем пользоваться уравнением (1) также и для систем отсчета, отличных от указанной [так, мы знаем (т. I, гл. VII, § 7), что оно приближенно справедливо и для осей, неизменно связанных с Землей], но в каждом таком случае мы будем указывать на характер и пределы ошибок, которые при этом будут получаться.

Необходимо добавить, что при формулировке механических задач мы часто будем говорить о неподвижных точках, прямых и плоскостях. Под этим мы будем подразумевать такие точки, прямые и плоскости, которые неподвижны относительно заданной системы отсчета; за такую систему в большинстве случаев будем принимать или галилееву систему, или систему, неизменно связанную с Землей.

§ 2. Общие соображения о движении точки по заданной траектории

2. Пусть P есть материальная точка с массой m, движущаяся (или, в предельном случае, находящаяся в покое) под действием сил, равнодействующая которых есть $\boldsymbol{F}$. Предположим, что мы заранее знаем траекторию c точки (иногда это вполне возможно, если, например, у нас имеются некоторые данные о характере действующих сил). Тогда для определения движения точки P достаточно найти зависимость между положением точки на траектории и временем (т. е. закон движения). Точнее, если s есть длина дуги траектории c между произвольной начальной точкой и точкой P, отсчитываемая в заданном направлении (*криволинейная абсцисса* точки P), то все