

Глава II

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ И ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

§ 2.1. Первый закон Ньютона

1. В кинематике рассматривают механические движения безотносительно к причинам и способам их изменений. Задача динамики более общая — в ней изучают связь между взаимодействиями тел и изменениями в их движении. Поэтому динамика представляет основной раздел механики.

В основе динамики лежат три закона И. Ньютона, сформулированные им в труде «Математические начала натуральной философии» (1687). Эти законы — результат гениального обобщения тех опытных данных и теоретических сведений в области механики, которые были получены до Ньютона и самим Ньютоном.

2. **Первый закон Ньютона** гласит: *всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит его изменить это состояние.*

Первый закон Ньютона показывает, что состояние покоя и равномерного прямолинейного движения не требуют для своего поддержания каких-либо внешних воздействий. В этом проявляется особое динамическое свойство тел, называемое **инертностью**. Соответственно первый закон Ньютона обычно называют **законом инерции**, а движение тела, свободного от внешних воздействий, — **движением по инерции**.

3. Мы уже указывали выше, что всякое механическое движение, относительно и его характер зависит от выбора системы отсчета. Так, например, пассажир, сидящий в вагоне поезда, неподвижен относительно стенок вагона. В то же время он движется относительно Земли вместе с поездом, причем это движение может быть неравномерным и непрямолинейным. Поэтому возникает вопрос, о каком покое или прямолинейном и равномерном движении идет речь в первом законе Ньютона? Как при этом нужно выбирать систему отсчета?

Ответ на указанные вопросы дает опыт. Оказывается, что первый закон Ньютона выполняется не во всякой системе отсчета. Например, тела, лежащие неподвижно на идеально гладком полу каюты корабля, который движется равномерно и прямолинейно по спокойной поверхности воды, могут прийти в движение по полу без всякого воздействия на них со стороны других тел. Для этого достаточно, чтобы корабль начал двигаться с ускорением.

Системы отсчета, по отношению к которым выполняется закон инерции, называют **инерциальными системами отсчета**. Естественно, что если бы такие системы отсчета нельзя было указать, то и первый закон Ньютона потерял бы всякий смысл. Следовательно, в первом законе Ньютона содержатся два утверждения: во-первых, что все тела обла-

дают свойством инертности, и, во-вторых, что существуют инерциальные системы отсчета.

4. В приведенной выше формулировке первого закона Ньютона предполагается, что рассматриваемое тело — абсолютно твердое. Для тел, способных деформироваться, можно привести множество примеров явной неприменимости этой формулировки. Так, например, первоначально неподвижная сжатая пружина после одновременного прекращения всех внешних воздействий, вызвавших ее деформацию, не остается ни в состоянии покоя, ни в состоянии равномерного прямолинейного движения, а совершает колебания, периодически растягиваясь и сжимаясь.

Кроме того, в указанной формулировке первого закона Ньютона речь идет только о возможном поступательном движении абсолютно твердого тела в отсутствие внешних воздействий, т. е. по инерции. Между тем, как показывает опыт, такое тело может еще и равномерно вращаться по инерции.

Необходимость во всех этих предположениях автоматически отпадает, если говорить не о теле, а о материальной точке, которая по самому ее определению не может ни деформироваться, ни вращаться. Поэтому в дальнейшем мы будем пользоваться следующей формулировкой **первого закона Ньютона**: *материальная точка сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не выведет ее из этого состояния.*

Иначе говоря, *материальная точка, на которую не действуют другие тела, либо покоится, либо движется равномерно и прямолинейно.* Соответственно, инерциальными являются такие системы отсчета, относительно которых материальная точка, свободная от внешних воздействий, либо покоится, либо движется равномерно и прямолинейно.

5. Опыты показали, что с очень большой степенью точности можно считать инерциальной **гелиоцентрическую систему отсчета**. Начало координат этой системы жестко связано с Солнцем (точнее говоря, совпадает с центром инерции (см. § 2.4) солнечной системы), а оси проведены в направлении трех удаленных звезд, выбранных, например, так, чтобы оси были взаимно перпендикулярны.

Если материальная точка свободна от внешних воздействий, то ее ускорение относительно любой инерциальной системы отсчета должно быть равно нулю. Исходя из этого, легко показать, что любые две инерциальные системы отсчета могут двигаться друг относительно друга только поступательно и притом лишь равномерно и прямолинейно. В частности, они могут быть взаимно неподвижны.

Лабораторная система отсчета, жестко связанная с Землей, неинерциальна, главным образом, из-за суточного вращения Земли. Однако вращение Земли происходит очень медленно. Поэтому в большинстве практических задач эффекты, обусловленные неинерциальностью лабораторной системы отсчета, пренебрежимо малы, и эту систему отсчета можно приближенно считать инерциальной.

Инерциальные системы отсчета играют особую роль не только в механике, но и во всех других разделах физики. Это связано с тем, что, согласно специальной теории относительности, математическое выражение любого физического закона должно иметь один и тот же вид во всех инерциальных системах отсчета. Поэтому в дальнейшем мы будем пользоваться только инерциальными системами отсчета, не оговаривая этого каждый раз. Особенности описания закономерностей движения материальной точки относительно неинерциальной системы отсчета специально рассмотрены в VII главе.

§ 2.2. Сила

1. Из опыта известно, что в результате действия на тело со стороны других тел это тело может изменять состояние своего механического движения, а также форму и размеры, т. е. деформироваться. Для описания такого механического действия тел друг на друга вводят понятие силы. **Силой**, действующей на тело (или приложенной к телу), называют физическую величину, являющуюся мерой механического действия на это тело со стороны какого-либо другого тела. Таким образом, движение тела под действием других тел можно рассматривать как движение тела под действием приложенных к нему сил.

Толкая тележку, поднимая груз, растягивая пружину, мы действуем на эти тела с некоторой силой. Электровоз приводит в движение состав, прикладывая к нему силу тяги. Очень часто в механике приходится встречаться с силами тяжести и трения. Сила, приложенная к телу, полностью определена, если указаны ее численное значение, направление действия и точка приложения. Прямую, проведенную через точку приложения силы в направлении действия этой силы, называют **линией действия силы**.

2. Для определения численного значения силы, т. е. для сравнения ее с силой, принятой за единицу силы, можно воспользоваться вызываемыми ими деформациями одного и того же упругого тела. На этом принципе основаны известные из курса средней школы пружинные весы и динамометры. Измерение сил с помощью пружинного динамометра нуждается в некоторых дополнительных пояснениях. При пользовании таким динамометром предполагается, что численное значение измеряемой силы F , действующей вдоль оси пружины, пропорционально величине x вызываемой ею деформации пружины:

$$F = kx, \quad (2.1)$$

где k — так называемый коэффициент упругости пружины.

Если зависимость (2.1) неверна, то измерять силы с помощью пружинного динамометра нельзя, так как зависимость x от F неизвестна и динамометр невозможно проградуировать. Следовательно, прежде чем пользоваться пружинным динамометром, нужно убедиться в справедливости соотношения (2.1). Для этого на динамометр поочередно действуют двумя разными по величине, но одинаково направленными