

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ И АКУСТИКА

ГЛАВА I

МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ (ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КИНЕМАТИКИ)

§ 1. О взаимосвязи явлений и допустимых границах их схематизации в физике

Применяя законы механики для исследования явлений природы или для решения задач техники, мы всегда принуждены мысленно упрощать, «схематизировать» изучаемые процессы. Законы механики весьма точны. Однако их применение к анализу действительной картины движения тел нередко приводит к неточным, а подчас и совсем ошибочным заключениям. Так получается потому, что не всегда легко правильно «схематизировать» изучаемые явления.

Понять и рассчитать какое-либо явление часто оказывается невозможным, если не идти по пути некоторого мысленного упрощения явления. Но, с другой стороны, отрывая явление для упрощения от его связей со смежными явлениями, можно исказить истинную сущность явления, что опять-таки сделает невозможным правильное понимание явления.

Все явления природы столь тесно связаны друг с другом, что без некоторого отступления от действительности невозможно выделить чисто механические процессы, которые всецело от начала до конца определялись бы только законами механики. С аналогичным положением мы сталкиваемся и в других разделах физики. Определенная схематизация явлений для возможности их изучения неизбежна. Но никогда не следует забывать, что неосторожная, неосмотрительная схематизация таит в себе опасность отрыва от действительности. Упрощение истинной картины явлений, сделанное неудачно, влечет за собой грубые ошибки в теоретических выводах, сколь бы ни были совершенны математические методы, примененные к анализу такой неправильно построенной схемы. Нередко случалось, что чрезмерная схематизация явлений приводила даже самых компетентных ученых к извращению научного метода, к подмене физики метафизикой, схоластикой.

В противоположность метафизике диалектический материализм учитывает, что в природе предметы и явления органически связаны друг с другом. Чтобы понять какое-либо явление природы, его всегда нужно рассматривать в неразрывной связи с окружающими явлениями.

Этим не исключается полезность абстрагирования для обнаружения главных особенностей явления и для раскрытия основных количественных соотношений. Вследствие сложности явлений часто оказывается необходимым, отвлекаясь от второстепенных деталей явления, воображать себе изучаемое явление в той или иной мере обособленным. В этом случае мы подменяем явление его упрощенной с х е м о й. Без схематизирования изучаемых явлений физика не могла бы пользоваться математическим аппаратом, не имела бы теории, не могла бы придавать экспериментам нужную целеустремленность, т. е. оказалась бы бессильной и бесполезной.

Но правильная схема явления не порывает всех внутренних связей этого явления с другими явлениями. Напротив, правильно составленная схема явления выделяет и, таким образом, подчеркивает, освещает г л а в н у ю в з а и м о с в я з ь явлений, оставляя в стороне все неосновные, нехарактерные взаимодействия и второстепенные влияния. Если, разрабатывая схему явления, мы неточно определим главную взаимосвязь явлений, эта ошибка становится роковой и все соображения, основанные на подобной схеме, обнаружат свою непригодность ¹⁾.

Поясним сказанное простейшим примером. А именно, обратимся к вопросу о картине явлений, происходящих при полете артиллерийского снаряда.

При полете артиллерийского снаряда траектория снаряда зависит от многих обстоятельств: от величины и качества порохового заряда и устройства артиллерийского орудия, от размеров снаряда, от сопротивления воздуха, от направления ветра, формы снаряда, скорости вращения снаряда вокруг его оси и т. д.

Схематизируя это явление, мы устанавливаем, что траектория снаряда более всего зависит от тяготения снаряда к Земле и от скорости и направления его движения по инерции после выстрела. В этой первой элементарной схеме мы рассматриваем снаряд как «материальную точку» и отвлекаемся от всех влияний, кроме веса и начальной скорости. При таком упрощении задача вычисления траекто-

¹⁾ Следует отметить, что понятие главной взаимосвязи изучаемого явления с другими явлениями само в определенной мере зависит от задач, которые мы ставим себе, приступая к исследованию данного явления. Так, изучая с точки зрения механики явление соударения весьма упругих тел, мы вправе считать второстепенными все молекулярные процессы, порождаемые ударом в соударяющихся телах; но при другом подходе — в молекулярной теории упругости — те же молекулярные процессы и составляют главный предмет исследования.

при снаряда оказывается простой: получается, как показано в § 14, парабола.

Составляя более точную схему явления, мы можем учесть влияние сопротивления воздуха. Расчет усложняется, но может быть выполнен на основе общих законов механики и специального закона, определяющего зависимость сопротивления от скорости движения снаряда. Оказывается, что траектория снаряда отличается от параболы.

Далее нужно учесть, что снаряд при движении по винтовой нарезке в стволе орудия получает вращение, которое придает снаряду устойчивость в полете. В связи с фактом вращения снаряда обнаруживается, что нельзя рассматривать полет снаряда как движение материальной точки. Приходится усложнять расчет применением законов динамики вращательных движений и учетом влияния вращения снаряда на сопротивление его движению в воздухе.

Обращаясь к еще более сложной, но зато и более точной схеме, можно определить зависимость начальной скорости снаряда при вылете его из дула орудия от величины и качества порохового заряда, длины ствола и т. д. При этом мы должны уже, кроме законов механики, использовать законы, которые устанавливаются другими разделами физики.

Однако даже вполне точное предвычисление траектории снаряда еще далеко не исчерпывает полной картины явлений, которые сопутствуют движению снаряда. Металлические стенки снаряда состоят из тесно расположенных атомов (ионов) металла. Стенки снаряда при движении его нагреваются вследствие трения. Состояние поверхностного слоя атомов металла изменяется. В то же время сложные явления происходят в воздухе: воздух отбрасывается снарядом в стороны и при этом уплотняется, разогревается, завихряется. В воздухе возникают звуковые явления, которые далеко разносят весть о полете снаряда. Таким образом, действительная картина явлений при полете снаряда несоизмеримо богаче, чем любая доступная для расчета схема явлений.

В последующем мы рассмотрим еще другие примеры, показывающие, с какой осторожностью нужно подходить к неизбежной в физике схематизации явлений. Мы убедимся, что во всех случаях, как и в разобранном примере, признаком правильно составленной схемы явления служит выделение, учет главных, наиболее характерных связей этого явления с другими явлениями. Всегда, как и в случае исследования полета снаряда, обнаруживается, что единственный путь приближения к действительности заключается в последовательном усложнении изучаемых схем.

При исследовании механического движения в особенности важным является выяснение причин, вызывающих движение и обуславливающих тот или иной вид движения. Это — главная задача механики; часть механики, посвященная разрешению этой основной

задачи, носит название *динамики*. Зная причины движения, можно предсказать, при каких условиях исследуемые тела будут находиться в состоянии равновесия. Поэтому часть механики, занятая изучением условий равновесия тел, — *стати́ка* — логически следует за динамикой, и, как мы увидим, все законы статики действительно могут быть получены из законов динамики. Поскольку изучение равновесия тел является делом менее сложным, чем изучение движения, то не удивительно, что исторически многие вопросы статики были решены раньше, чем была разработана динамика.

Начиная со второй половины прошлого столетия, сложилась традиция предпосылать изложению динамики учение о движении вне зависимости от причин, вызывающих движение; эта формальная часть механики носит название *кинeматики*.

§ 2. Система ориентировки. Материальная точка и ее перемещение

Механическое движение есть перемещение тел или частиц в пространстве с некоторой скоростью. В этом кратком определении скрыто немало трудностей. Для определения перемещения тела нужно сопоставлять положение тела с положением каких-либо других тел или хотя бы одного тела, которое совершенно условно считается неподвижным. Интересующее нас движение может выглядеть по-разному в зависимости от того, по отношению к какому телу мы будем определять перемещения движущегося тела. Например, движение педали велосипеда кажется велосипедисту происходящим по кругу, тогда как для постороннего наблюдателя оно кажется происходящим волнообразно. Далее, нужно располагать точными способами измерения расстояний и масштабами, которые пригодны не только для определения расстояний между взаимно неподвижными телами, но также и для измерений, осуществляемых при движении тел. Наконец, для определения скорости движения необходимо располагать точными способами измерения времени.

Во всех случаях, кроме чрезвычайно стремительных движений со скоростью, близкой к скорости света, пространственные и временные измерения (масштабы длин и времени) можно считать не зависящими от скорости движения. Более сложно дело обстоит, когда приходится анализировать движения, происходящие со скоростями, близкими к скорости света; экспериментальные факты показывают, что скорость света в вакууме является максимально возможной в природе скоростью движения (предельной скоростью); в связи с этим (как будет пояснено в т. III при изложении теории относительности) обнаруживается необходимость уточнения наших обычных представлений о пространственных и временных измерениях.