

СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ

5.1. Законы сохранения в природе

В природе существует несколько законов сохранения; некоторые из них следует считать точными, другие — приближенными. Обычно законы сохранения являются следствием свойств симметрии во Вселенной. Существуют законы сохранения энергии, импульса, момента импульса, заряда, числа барионов (протонов, нейтронов и тяжелых элементарных частиц), странности и различных других величин.

В этой главе мы рассмотрим закон сохранения энергии, а в следующих главах — законы сохранения импульса и момента импульса. Причем сейчас мы будем рассматривать этот закон для нерелятивистской области, в которой справедливы преобразования Галилея, скорости очень малы по сравнению со скоростью света и масса не зависит от скорости. В гл. 12, после того как мы познакомимся с преобразованием Лоренца и с основами специальной теории относительности, мы рассмотрим законы сохранения энергии, импульса и момента импульса для релятивистской области.

Если в какой-нибудь задаче известны все приложенные силы, и мы обладаем достаточными знаниями, а также располагаем вычислительными машинами, действующими с необходимой скоростью и имеющими надлежащую память для того, чтобы вычислить траектории всех частиц, то из законов сохранения мы не получим никакой дополнительной информации. Однако законы сохранения представляют собой мощное орудие, которым повседневно пользуются физики. Почему же законы сохранения являются столь мощным орудием?

1. Законы сохранения не зависят от вида траектории и от характера действующих сил. Поэтому законы сохранения позволяют получать весьма общие и существенные выводы из уравнений движения. Иногда из закона сохранения вытекает, что что-то оказывается невозможным. Мы, например, не тратим попусту время на разработку конструкции вечного двигателя, представляющего собой какую-нибудь замкнутую систему, состоящую из механических

и электрических компонентов, или на проектирование спутника, приводимого в движение одними лишь внутренними силами.

2. Законы сохранения могут быть использованы даже в тех случаях, когда силы неизвестны; так, в частности, обстоит дело в физике элементарных частиц.

3. Законы сохранения тесно связаны с инвариантностью. Часто при исследовании новых и еще не понятных явлений законы сохранения являются самым поразительным из всех известных нам физических фактов. Они могут приводить к соответствующим представлениям об инвариантности. В гл. 3 мы видели, что закон сохранения импульса мог рассматриваться как непосредственное следствие из принципа инвариантности Галилея.

4. Даже в тех случаях, когда сила в точности известна, закон сохранения может оказать существенную помощь при решении задач о движении частиц. Для решения новых задач большинство физиков следует раз навсегда установленному порядку: прежде всего один за другим применяются соответствующие законы сохранения, и только после этого, если в задаче ничего не упущено, переходят к решению дифференциальных уравнений, использованию вариационного принципа или метода возмущений, применению вычислительных машин и других средств, имеющихся в нашем распоряжении или полагаются на интуицию. В гл. 7 и 9 мы используем таким путем законы сохранения энергии и импульса.

5.2. Определение понятий

Закон сохранения энергии включает в себя понятия кинетической и потенциальной энергии, а также понятие работы. Эти понятия, которые можно усвоить на простом примере, в дальнейшем мы обсудим более подробно. Сначала мы рассмотрим силы и движение только в одном измерении. Это существенно упростит дело. Некоторые вопросы в этой главе будут обсуждаться дважды, но такое повторение окажется только полезным.

Рассмотрим частицу массой M , движущуюся в межгалактическом пространстве и свободную от всех внешних воздействий. Эту частицу мы будем наблюдать в инерциальной системе координат. Пусть в момент времени $t = 0$ к частице приложена сила $F_{\text{прил}}$, постоянная по величине и направлению, совпадающему с положительным направлением оси x . Под действием приложенной силы частица будет ускоряться. При $t > 0$ движение описывается вторым законом Ньютона:

$$F_{\text{прил}} = M\ddot{x}. \quad (1)$$

Скорость в момент t будет равна

$$v(t) = \int_0^t \ddot{x} dt = v_0 + \frac{F_{\text{прил}}}{M} t, \quad (2)$$