

СТАЦИОНАРНЫЕ СОСТОЯНИЯ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ КАК РЕАЛИЗАЦИЯ СТОЯЧИХ ВОЛН ДЕ-БРОЙЛЯ

В.П. Сапелкин
НТУ «ХПИ», Харьков, Украина

Анализ учебников по общей физике показывает, что изложение основ квантовой механики слишком перегружено математическими выкладками, заслоняющими физический смысл явлений. Особенно это относится к рассмотрению проблемы стационарных состояний — решается уравнение Шредингера, находятся значения энергий, удовлетворяющих этому уравнению и утверждается, что эти значения энергий описывают стационарные состояния частицы. Большинство студентов такой подход воспринимается как некий математический фокус без определенного физического смысла.

Автором предпринята попытка придать физический смысл существованию стационарных состояний частиц, рассматривая их финитное движение. Для этого достаточно принять во внимание существование у частиц волновых свойств, определяемых длиной волны де-Бройля

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

где h — постоянная Планка, p — импульс частицы.

При наличии у частиц волновых свойств финитное движение представляет собой систему бегущих и отраженных волн. При этом реализуется только такое движение частицы, когда в пределах ее локализации устанавливается стоячая волна де-Бройля, т. е. укладывается целое число полуволен де-Бройля. Во всех иных случаях интерференция приводит к быстрому исчезновению волнового поля.

Такой способ рассмотрения стационарных состояний применен к простейшим одномерным случаям — частице в прямоугольной глубокой потенциальной яме, электрону в атоме водорода и квантовому осциллятору, который отличается от двух предыдущих случаев тем, что длина волны де-Бройля является переменной величиной.

Дана оценка времени существования состояния частицы, энергия которой отличается от энергии стационарного состояния E на некоторую величину δE для частицы в глубокой яме шириной l . Это время выражается формулой

$$\delta t = l \sqrt{2mE} / \delta E, \text{ где } m \text{ — масса частицы,}$$

что для электрона с энергией 1 эВ , $l = 0,5 \text{ нм}$ дает для δt величину порядка 10^{-15} сек .

Хотя это время весьма мало, но оно конечно, и при очень большой плотности излучения частица (например, электрон в запрещенной зоне полупроводника) успевает проглотить фотон и перейти в зону проводимости (многофотонное поглощение).