

## Электрон

Электрон был открыт в 1897 г. Дж. Томсоном в экспериментах с катодными лучами. Было обнаружено, что при электрическом разряде в газах образуются отрицательно заряженные частицы с малой массой. В таблице приведены основные характеристики электрона.

Спин, $\hbar$	1/2
Масса, МэВ	0.510998902±0.000000021
Электрический заряд, К	-(1.602176462±0.000000063) · 10 <sup>-19</sup>
Магнитный момент, $\mu_B$ ( $\mu_B = e \hbar / 2m_e c$ )	1.001159652187±0.000000000004
Время жизни, лет	>4.2 · 10 <sup>24</sup>
Лептонное число, $L_e$	+1
Лептонные числа, $L_\mu, L_\tau$	0

Этот набор квантовых чисел определяет взаимодействие электрона с другими частицами. То обстоятельство, что электрон является самой легкой отрицательно заряженной частицей, приводит к тому, что электрон - стабильная частица. Время жизни электрона по крайней мере больше  $4.2 \cdot 10^{24}$  лет.

Измерения тонкой структуры атомных спектров показали, что наряду с орбитальным моментом количества движения  $l$  электрон обладает еще и внутренним моментом количества движения - спином. Понятие спина электрона в 1925 г. было введено Д. Уленбеком и С. Гоудсмитом. Проекция спина электрона (1/2 в единицах  $\hbar$ ) на любое выделенное направление может принимать два значения - +1/2 и -1/2. Полный момент количества движения электрона  $\vec{J}$  является векторной суммой орбитального  $\vec{I}$  и спинового  $\vec{s}$  моментов

$$\vec{J} = \vec{I} + \vec{s}.$$

В системе координат, в которой электрон покоится, орбитальный момент  $l=0$  и полный момент количества движения  $\vec{J} = \vec{s}$ .

В модели Гаудсмита и Уленбека спин был введен искусственно для объяснения наблюдаемого в эксперименте тонкого расщепления спектральных линий атомов. Существование спина электрона 1/2 следует из релятивистского уравнения П. Дирака, полученного им в 1928 г. Четыре независимых решения уравнения Дирака в случае свободного движения соответствуют частице (электрону) и античастице (позитрону) с двумя возможными ориентациями спина относительно направления импульса -  $s_z = +1/2$  и  $s_z = -1/2$ .

*Дирака уравнение* – квантовое уравнение движения для частиц спином  $1/2$  (например, электронов, мюонов, кварков) удовлетворяющее требованиям специальной теории относительности. Сформулировано П.Дираком в 1928.

*Паули принцип* (Паули принцип запрета) – фундаментальный закон природы, согласно которому в квантовой системе две (или более) тождественной частицы с полуцелым спином не могут одновременно находиться в одном и том же состоянии. Сформулирован В.Паули (1928).

Так как спин электрона 1/2, он является фермионом и подчиняется принципу Паули, запрещающему двум частицам находиться в одном квантовом состоянии. Принцип Паули определяет заполнение электронных оболочек атомов. Масса электрона (~0.511 МэВ) значительно меньше массы нуклона.

$$m_p/m_e \simeq 1840.$$

На исследовании электромагнитных свойств электрона основаны фундаментальные эксперименты по проверке квантовой электродинамики. Поэтому такие характеристики электрона как заряд, масса, магнитный момент измерены с колоссальной точностью. В результате этих проверок не было обнаружено никаких отклонений от предсказаний квантовой электродинамики. Отсюда следует, что размер электрона меньше, чем  $10^{-17}$  см.

Из релятивистского уравнения Дирака следовало, что электрон должен иметь античастицу с такой же массой, но с положительным электрическим зарядом. Такая частица - позитрон ( $e^+$ ) была обнаружена в составе космических лучей. Эксперименты по сравнению масс и электрических зарядов электрона и позитрона показали, что их массы не могут отличаться более, чем на  $8 \cdot 10^{-11}\%$ , а заряды более, чем на  $4 \cdot 10^{-11}\%$ .