

КВАНТОВЫЕ ЧИСЛА

Quantum numbers

Квантовые числа – целые или дробные числа, определяющие возможные значения физических величин, характеризующих квантовую систему (молекулу, атом, атомное ядро, элементарную частицу). Квантовые числа отражают дискретность (квантованность) физических величин, характеризующих микросистему. Набор квантовых чисел, исчерпывающе описывающих микросистему, называют полным. Так состояние электрона в атоме водорода определяется четырьмя квантовыми числами: главным квантовым числом n (может принимать значения 1, 2, 3, ...), определяющим энергию E_n электрона ($E_n = -13.6/n^2$ эВ); орбитальным квантовым числом $l = 0, 1, 2, \dots, n - 1$, определяющим величину L орбитального момента количества движения электрона ($L = \hbar[l(l + 1)]^{1/2}$); магнитным квантовым числом $m < \pm l$, определяющим направление вектора орбитального момента; и квантовым числом $m_s = \pm 1/2$, определяющим направление вектора спина электрона.

Основные квантовые числа

n	Главное квантовое число: $n = 1, 2, \dots, \infty$.
j	Квантовое число полного углового момента. j никогда не бывает отрицательным и может быть целым (включая ноль) или полуцелым в зависимости от свойств рассматриваемой системы. Величина полного углового момента J связана с j соотношением $J^2 = \hbar^2 j(j + 1)$. $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$, где \vec{L} и \vec{S} векторы орбитального и спинового угловых моментов.
l	Квантовое число орбитального углового момента l может принимать только целые значения: $l = 0, 1, 2, \dots, \infty$. Величина орбитального углового момента связана с l соотношением $L^2 = \hbar^2 l(l + 1)$.
m	Магнитное квантовое число. Проекция полного, орбитального или спинового углового момента на выделенную ось (обычно ось z) равна $m\hbar$. Для полного момента $m_j = j, j-1, j-2, \dots, -(j-1), -j$. Для орбитального момента $m_l = l, l-1, l-2, \dots, -(l-1), -l$. Для спинового момента электрона, протона, нейтрона, кварка $m_s = \pm 1/2$.
s	Квантовое число спинового углового момента s может быть либо целым, либо полуцелым. s - неизменная характеристика частицы, определяемая ее свойствами. Величина спинового момента S связана с s соотношением $S^2 = \hbar^2 s(s + 1)$.
P	Пространственная четность. Она равна либо +1, либо -1 и характеризует поведение системы при зеркальном отражении. $P = (-1)^l$.

Существование сохраняющихся (неизменных во времени) физических величин для данной системы тесно связано со свойствами симметрии этой системы. Так, если изолированная система не изменяется при произвольных поворотах, то у неё сохраняется орбитальный момент количества движения. Это имеет место для атома водорода, в котором электрон движется в сферически симметричном кулоновском

потенциале ядра и поэтому характеризуется неизменным квантовым числом l . Внешнее возмущение может нарушать симметрию системы, что приводит к изменению самих квантовых чисел. Фотон, поглощенный атомом водорода, может “перебросить” электрон на другую орбиту с другими значениями квантовых чисел.

Помимо квантовых чисел, отражающих пространственно-временную симметрию микросистемы, существенную роль у частиц играют так называемые внутренние квантовые числа. Ряд из них, такие как спин и электрический заряд, сохраняются во всех взаимодействиях, другие в некоторых взаимодействиях не сохраняются. Так кварковое квантовое число странность, сохраняющееся в сильном взаимодействии, не сохраняется в слабом взаимодействии, что отражает разную природу этих взаимодействий. Внутренним квантовым числом для кварков и глюонов является также цвет. Цвет кварков может принимать три значения, цвет глюонов – восемь.
