

ность воспроизводимости. Эти характеристики наилучшие у К. с. ч. на цезиевой атомно-лучевой трубке. В 1964 Международный комитет по вопросам мер и весов принял в качестве эталона частоты переход $F_1=3$, $m_F=0 \rightarrow F_2=4$, $m_F=0$ между подуровнями сверхтонкой магн. структуры осн. состояния атомов ^{133}Cs , не возмущенного внеш. полями, приписав его частоте значение 9192631770 Гц. Соответствующая шкала времени наз. атомной, а единица времени в ней — атомная секунда — определена как 9192631770 периодов резонансного колебания ^{133}Cs . Т. о., К. с. ч. на цезиевой атомно-лучевой трубке признан первичным стандартом (эталон), по отношению к к-рому стандарты др. типов являются вторичными.

Лит.: Григорьянц В. В., Жаботинский М. Е., Золин В. Ф., Квантовые стандарты частоты, М., 1968; Летохов В. С., Чеботарев В. П., Принципы нелинейной лазерной спектроскопии, М., 1975.

Е. Н. Базаров.

КВАНТОВЫЕ ЧИСЛА — целые или дробные числа, к-рые определяют возможные значения физ. величин, характеризующих квантовые системы (атом, ядро, молекулу и др.), а также отд. элементарные частицы, кварки, глюоны.

К. ч. были впервые введены в физику для описания найденных эмпирически закономерностей атомных спектров, однако смысл К. ч. и связанной с ними дискретности нек-рых физ. величин, характеризующих поведение микрочастиц, был раскрыт лишь квантовой механикой. Согласно квантовой механике, возможные значения физ. величин определяются собственными значениями соответствующих операторов, действующих в пространстве состояний физ. системы. С матем. точки зрения это линейные самосопряженные операторы в гильбертовом пространстве, собственные значения к-рых могут быть непрерывными или дискретными: в последнем случае и возникают нек-рые К. ч. В несколько более общем смысле К. ч. называют величинами, сохраняющиеся в процессе движения, но не обязательно принадлежащие дискретному спектру, напр. импульс или энергию свободно движущейся частицы, массу покоя частицы.

Набор К. ч., исчерпывающе определяющий состояние квантовой системы, наз. полн. Совокупность состояний, отвечающая всем возможным значениям К. ч. из полного набора, образует полную систему состояний. Так, состояния электрона в атоме определяются четырьмя К. ч. соответственно четырём степеням свободы, связанным с тремя пространств. координатами и спином. Для атома водорода и водородоподобных атомов это: главное К. ч. ($n=1, 2, \dots$), орбитальное К. ч. ($l=0, 1, \dots, n-1$), магн. К. ч. ($m_l, |m_l| \leq l$) — проекция орбитального момента на нек-рое направление и К. ч. проекции спина ($m_s = \pm 1/2$). Др. набор К. ч., более пригодный для описания атомных спектров при учёте спин-орбитального взаимодействия (определяющего тонкую структуру уровней энергии), получается при использовании вместо m_l и m_s К. ч. полного момента кол-ва движения ($j=l \pm 1/2$) и К. ч. проекции полного момента ($m_j, |m_j| \leq j$). Те же К. ч. используются для приближённого описания состояний отд. электронов в сложных (многоэлектронных) атомах, состояний нуклонов в ядрах и т. д. (см. Атом, Ядро атомное).

Приведённые выше К. ч. связаны с пространств. симметриями квантовых систем относительно нек-рых непрерывных преобразований. Др. К. ч. отвечают дискретным симметриям, напр. чётность состояния (P), к-рая принимает значения $+1$ и -1 в зависимости от того, сохраняет волновая ф-ция знак при инверсии координат ($r \rightarrow -r$) или меняет его на обратный. Для атома водорода $P = (-1)^l$.

Существование сохраняющихся (неизменных во времени в среднем) физ. величин тесно связано со свойствами симметрии гамильтониана данной системы. Напр., гамильтониан частицы, движущейся в центр-

симметричном поле, не меняет своего вида при произвольных поворотах системы координатных осей; этой симметрии отвечает сохранение момента импульса (более точно, в таком поле сохраняющимися величинами, к-рые могут одновременно иметь определ. значения, являются квадрат момента импульса и одна из проекций момента, задаваемых К. ч. l и m_l). Если на систему, имеющую нек-рую симметрию, накладывается дополнительный. взаимодействие, к-рое такой симметрией не обладает, то соответствующие К. ч. будут изменяться в процессе эволюции системы. Так, взаимодействие атома с эл.-магн. волной приводит к изменению перечисленных выше К. ч., согласно отбора правилам.

Помимо К. ч., ассоциируемых с пространственно-временными симметриями гамильтониана, важную роль играют т. н. внутренние К. ч. элементарных частиц, к-рые не сказываются на поведении изолированной частицы, однако проявляются во взаимодействиях частиц. Разл. типы взаимодействий характеризуются разными свойствами симметрии, вследствие чего К. ч., сохраняющиеся в одних взаимодействиях, могут изменяться в других. Так, строго сохраняющимся К. ч. является электрич. заряд Q , в то время как изотопич. спин I сохраняется в процессах сильного взаимодействия и нарушается эл.-магн. и слабым взаимодействиями, а странность S не сохраняется в слабом взаимодействии. В совр. теориях сильного взаимодействия (квантовой хромодинамике) и электро-слабого взаимодействия считается, что внутр. симметрии являются локальными, т. е. соответствующие преобразования могут выполняться независимо в каждой точке пространства-времени. Исходя из этого принципа, определяется и сам характер взаимодействия (вид лагранжиана системы взаимодействующих квантовых полей) (см. Калибровочные поля). Так, квантовая электродинамика основана на существовании сохраняющегося К. ч. электрич. заряда и соответствующее локальное преобразование симметрии однозначно определяет взаимодействие электронов (и др. лептонов) с фотонами. В теориях электро-слабого взаимодействия вводятся также различные лептонные числа, характеризующие лептоны. Сильно взаимодействующие частицы — адроны состоят из кварков (взаимодействие к-рых описывается квантовой хромодинамикой), характеризующихся цветом и ароматом. Цвет (одно из квантовых чисел) может принимать для кварков три значения, а для глюонов — восемь. Все наблюдавшиеся до сих пор частицы бесцветны — построены из комбинаций кварков с нулевым суммарным цветом. Косвенно наблюдались кварки пяти значений квантового числа аромата (u, d, s, c, b); существуют аргументы в пользу существования шестого кварка (t).

Одним из «старейших» К. ч. элементарных частиц является барионное число, ненулевые значения к-рого приписываются адронам с полусцелым спином (барионам). В течение длит. времени считалось, что барионное число сохраняется во всех взаимодействиях и превращение барионов в лептоны невозможно. Однако в теориях т. н. великого объединения барионное число (так же как и лептонные числа) не является строго сохраняющимся К. ч., что должно, в частности, приводить к нестабильности протона (хотя и с очень малой вероятностью распада). Несохранение барионного числа может происходить также в процессе гравитационного коллапса макроскопич. тел и последующего квантового испарения образующихся при коллапсе чёрных дыр.

Д. В. Гальцов.

КВАНТОВЫЙ ВЫХОД прибора — количество. характеристика прибора, регистрирующего дискретное число частиц (квантов, электронов и пр.), выражаемая отношением числа статистически независимых частиц N_1 , регистрируемых прибором, к числу статистически независимых частиц N_2 , падающих на приёмник прибора: $Y = N_1/N_2$. Обычно $Y < 1$, для иде-