

Содержание:

Введение	596
Краткие исторические сведения	596
Основные свойства элементарных частиц. Классы взаимодействий	598
Характеристики элементарных частиц	598
Классификация элементарных частиц. Кварковая модель адронов	602
Элементарные частицы и квантовая теория поля. Стандартная модель взаимодействий	605
Некоторые общие проблемы теории элементарных частиц	607

Введение

Э. ч. в точном значении этого термина — первичные, неразложимые частицы, из к-рых, по предположению, состоит вся материя. В понятии «Э. ч.» в совр. физике находит выражение идея о первообразных сущностях, определяющих все наблюдаемые свойства материального мира, идея, зародившаяся на ранних этапах становления естествознания и всегда игравшая важную роль в его развитии.

Понятие «Э. ч.» сформировалось в тесной связи с установлением дискретного характера строения вещества на микроскопич. уровне. Обнаружение на рубеже 19—20 вв. мельчайших носителей свойств вещества — молекул и атомов — и установление того факта, что молекулы построены из атомов, впервые позволило описать все наблюдаемые вещества как комбинации конечного, хотя и большого, числа структурных составляющих — атомов. Выявление в дальнейшем составных частей атомов — электронов и ядер, установление сложной природы самих ядер, оказавшихся построенными всего из двух частиц (нуклонов): протонов и нейтронов, существенно уменьшило кол-во дискретных элементов, формирующих свойства вещества, и дало основание предполагать, что цепочка составных частей материи завершается дискретными бесструктурными образованиями — Э. ч. Выяснившаяся в нач. 20 в. возможность трактовки эл.-магн. поля как совокупности особых частиц — фотонов — дополнительно укрепила убежденность в правильности такого подхода.

Тем не менее, сформулированное предположение, вообще говоря, является экстраполяцией известных фактов и сколько-нибудь строго обосновано быть не может. Нельзя с уверенностью утверждать, что частицы, элементарные в смысле приведенного определения, существуют. Не исключено также, что утверждение «состоит из ...» на какой-то ступени изучения материи окажется лишённым содержания. От данного выше определения «элементарности» в том случае придётся отказаться. Существование Э. ч. — это своего рода постулат, и проверка его справедливости — одна из важнейших задач физики.

Как правило, термин «Э. ч.» употребляется в совр. физике не в своём точном значении, а менее строго — для наименования большой группы мельчайших наблюдаемых частиц материи, подчинённых условию, что они не являются атомами или атомными ядрами, т. е. объектами заведомо составной природы (исключение составляет протон — ядро атома водорода). Как показали исследования, эта группа частиц необычайно обширна. Помимо *протона* (p), *нейтрона* (n), *электрона* (e) и *фотона* (γ) к ней относятся: *пи-мезоны* (π), *мюоны* (μ), *тау-лептоны* (τ), *нейтрино* трёх типов (ν_e, ν_μ, ν_τ), т. н. странные частицы (*K-мезоны* и *гипероны*), *очарованные частицы* и прелестные (красивые) частицы (*D-* и *B-мезоны* и соответствующие *барионы*), разнообразные *резонансы*, в т. ч. *мезоны* со скрытым очарованием и прелестью (*пси-частицы*, *ипсилон-частицы*) и, наконец, открытые в нач. 80-х гг. *промежуточные векторные бозоны* (*W, Z*) — всего более 350 частиц, в осн. нестабильных. Число частиц, включаемых по мере их открытия в эту группу, постоянно растёт, и можно уверенно утверждать, что оно будет расти и впредь. Очевидно, что такое огром-

ное кол-во частиц не может выступать в качестве элементарных слагающих материи, и действительно, в 70-х гг. было показано, что большая часть перечисленных частиц (все мезоны и барионы) представляют собой составные системы. Частицы, входящие в эту последнюю группу, более точно следовало бы называть «субъядерными» частицами, т. к. они представляют собой специфические формы существования материи, неагрегированной в ядра. Использование названия «Э. ч.» применительно ко всем упомянутым частицам имеет в осн. историч. причины и связано с периодом исследований (нач. 30-х гг.), когда единств. известными представителями данной группы были протон, нейтрон, электрон и частица эл.-магн. поля — фотон. Тогда эти частицы с известным правом могли претендовать на роль Э. ч.

Открытие новых микроскопич. частиц постепенно разрушило эту простую картину строения материи. Однако вновь открываемые частицы по своим свойствам были в ряде отношений близки к первым четырём известным частицам: либо к протону и нейтрону, либо к электрону, либо к фотону. До тех пор пока кол-во таких частиц было не очень велико, сохранялось убеждение, что все они играют фундам. роль в строении материи, и их включали в категорию Э. ч. С нарастанием числа частиц от этого убеждения пришлось отказаться, но традиц. назв. «Э. ч.» за ними сохранялось.

В соответствии со сложившейся практикой термин «Э. ч.» будет употребляться ниже в качестве общего названия всех мельчайших частиц материи. В тех случаях, когда речь будет идти о частицах, претендующих на роль первичных элементов материи, при необходимости будет использоваться термин «истинно элементарные частицы».

Краткие исторические сведения

Открытие Э. ч. явилось закономерным результатом общих успехов в изучении строения вещества, достигнутых физикой в кон. 19 в. Оно было подготовлено детальными исследованиями спектров атомов, изучением электрич. явлений в жидкостях и газах, открытием фотоэлектричества, рентг. лучей, естеств. радиоактивности, свидетельствовавших о существовании сложной структуры материи.

Исторически первой открытой Э. ч. был электрон — носитель отрицательного элементарного электрич. заряда в атомах. В 1897 Дж. Дж. Томсон (J. J. Thomson) убедительно показал, что т. н. катодные лучи представляют собой поток заряж. частиц, к-рые впоследствии были названы электронами. В 1911 Э. Резерфорд (E. Rutherford), пропуская *альфа-частицы* от естеств. радиоакт. источника через тонкие фольги разл. веществ, пришёл к выводу, что положит. заряд в атомах сосредоточен в компактных образованиях — ядрах, а в 1919 обнаружил среди частиц, выбитых из атомных ядер, протоны — частицы с единичным положит. зарядом и массой, в 1840 раз превышающей массу электрона. Другая частица, входящая в состав ядра, — нейтрон — была открыта в 1932 Дж. Чедвиком (J. Chadwick) при исследованиях взаимодействия α -частиц с бериллием. Нейтрон имеет массу, близкую к массе протона, но не обладает электрич. зарядом. Открытием нейтрона завершилось выявление частиц, являющихся структурными элементами атомов и их ядер.

Вывод о существовании частицы эл.-магн. поля — фотона — берёт своё начало от работы М. Планка (M. Planck, 1900). Для получения правильного описания спектра излучения абсолютно чёрного тела Планк вынужден был допустить, что энергия излучения делится на отд. порции (кванты). Развивая идею Планка, А. Эйнштейн в 1905 предположил, что эл.-магн. излучение является потоком квантов (фотонов) и на этой основе объяснил закономерности фотоэффекта. Прямые эксперим. доказательства существования фотона были даны Р. Милликеном (R. Millikan) в 1912—15 при исследовании фотоэффекта и А. Комптоном (A. Compton) в 1922 при изучении рассеяния γ -квантов на электронах (см. *Комптона эффект*).