К третьему классу частиц относятся адроны.

Адроны — это элементарные частицы, участвующие в сильном, слабом и электромагнитном взаимодействиях и имеющие внутреннюю структуру, в отличие от бесструктурных частиц (лептонов).

Адроны, в свою очередь, делятся на две группы мезоны и барионы.

К первой группе — мезонам — относятся следующие частицы и античастицы: л0-, л0-, л+-, л--, К -, К-, К0-, К0-, Г|°-, т)°-мезоны. Спиновое квантовое число мезонов равно целому числу: 0, 1, 2, ... (в единицах К), т. е. по спину они относятся к классу бозонов (см. § 95).

Ко второй группе — барионам — относятся протоны (р, р), нейтроны (п, п), Л0-, Л° (лямбда)-, 2Г-, 2Г-, Z0-, 1° (сигма)-, Е0-, Е0-, Е~-, Е+ (кси)-, П“-, Q+ (омега)-частицы. Спиновое квантовое число барионов s = 1/2, 3/2, ... (в единицах К), т. е. по спину они относятся к классу фермионов (см. § 95).

В таблице приведены названия некоторых адронов, их масса покоя и время жизни.

Время жизни нестабильных частиц зависит от природы их взаимодействия, которое и определяет их распад. Если распад происходит за счёт сильного взаимодействия, то время жизни таких частиц очень мало 1(И23 с.

Взаимодействие и распад нуклонов происходит, как мы знаем, за счёт сильного взаимодействия. При таком распаде выполняется ещё один закон сохранения — закон сохранения барионного заряда. Введение этого квантового числа было вызвано необходимостью объяснения, почему реакция р+р^р+р+р не наблюдается, а реакция р + п^п+р+р+р наблюдается.

Считается, что барионный заряд всех нуклонов В = +1, а антинуклонов 1.

Большое количество сильно взаимодействующих частиц распадается также на сильно взаимодействующие частицы, такие, например, как пионы, протоны и нейтроны. При этом может образоваться короткоживущая (время жизни 1СГ23 с) частица, называемая резонансом.

При распаде, обусловленном электромагнитным взаимодействием, образуется фотон, время жизни которого ~1СГ23 с.

При распаде, обусловленном слабым взаимодействием, время жизни частицы больше: -10 10 с.

Кварки. В 60-х гг. XX в. было уже известно четыре лептона и более ста адронов. Вот тогда-то (в 1964 г.) М. Гелл-Манном и Дж. Цвейгом была предложена модель, согласно которой все частицы, участвующие в сильных (ядерных) взаимодействиях, — адроны — построены из более фундаментальных (или первичных) частиц — кварков.

Кварк — это фундаментальная частица в Стандартной модели, обладающая электрическим зарядом, кратными не обнаруженная в свободном состоянии.

В этой модели предполагается, что все адроны теоретически можно построить из кварков трёх типов: u, d и s. Протоны и нейтроны состоят из трёх кварков — u (up — верхний), d (down — нижний) и s (strange — странный). л+-Мезон состоит из u-кварка, заряд которого равен (2/3)е, и d-антикварка, заряд которого равен (1/3)е.

В 1964 г. было высказано также предположение, что существует четвёртый кварк, получивший название очарованный (с — charm) с электрическим зарядом, равным (+2/3)е. Спустя 10 лет был обнаружен тяжёлый мезон, структуру которого можно было объяснить с помощью с-кварка.

Барионный заряд кварков равен 1/3. Барионы протон и нейтрон имеют барионный заряд, равный 1, они состоят из трёх кварков.

В настоящее время считается, что существует 6 сортов (чаще говорят: ароматов) кварков: u, d, s, с, b, t. Существование последних двух постулировано из соображений симметрии, так как существует 6 лептонов, являющихся фундаментальными частицами, следовательно, должно существовать и 6 кварков. Эти два кварка были названы истинный и прелестный.

В таблице приведены некоторые свойства кварков.

Кроме того, для описания сильного взаимодействия кварков постулируется, что кварки обладают и дополнительной внутренней характеристикой, называемой цветом. Каждый из ароматов кварка имеет цвет — красный, зелёный и синий.

С цветом кварка связывают взаимодействие, удерживающее кварки в адроне, например в протоне и нейтроне. Сильное взаимодействие кварков называют цветовым взаимодействием, так как кварку приписывается цветовой заряд, подобный электрическому заряду.

Сильное взаимодействие кварков осуществляется при обмене глюонами. Глюоны в теории кварков являются аналогами мезонов, осуществляющих сильное взаимодействие нуклонов в ядре.

Глюон имеет цветовой заряд и массу покоя, равную нулю. Глюон переносит цветовой заряд. При обмене глюонами происходит цветовой обмен.

Заметим, что все фундаментальные частицы относятся к фермио- нам, а частицы-переносчики взаимодействия — к бозонам.

Таким образом, согласно так называемой Стандартной модели, вся материя состоит из 24 частиц: шести видов лептонов и шести видов кварков, каждый из которых имеет античастицу.

В настоящее время в реальности кварков никто не сомневается, хотя в свободном состоянии они не обнаружены и, вероятно, не будут обнаружены никогда. Сильное взаимодействие приводит к тому, что кварки нельзя разделить, т. е. удалить один из кварков на расстояние, при котором он станет свободным. Существование кварков доказывают опыты по рассеянию электронов очень высокой энергии на протонах и нейтронах. Благодаря ускорителям, позволяющим получить частицы с очень большой энергией, при бомбардировке протона были обнаружены частицы, обладающие теми же зарядами, что и кварки.

Есть ещё много косвенных экспериментальных доказательств существования кварков. Несмотря на то что отдельные кварки экспериментально не обнаружены, гипотеза кварков объясняет все имеющиеся экспериментальные данные.