

КВАРКИ

- частицы, из которых состоят
адроны

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

В 60-е годы ученые занимались построением теории элементарных частиц (а под элементарными частицами в то время понимали барионы или мезоны; типичный представитель — это протон или нейтрон, которые образуют атомное ядро)

Открытие электрона

На основании опытов по электролизу Майкл Фарадей установил: заряды имеются в атомах всех химических элементов.



Открытие электрона

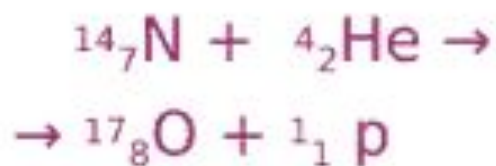


В 1899 г.
Джозеф
Джон Томсон
доказал
реальность
существован
ия
электронов.

Открытие протона

В 1919 г.

Эрнест
Резерфорд при
бомбардировке
азота альфа-
частицами
обнаружил
протон:

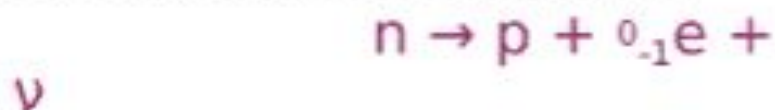


Открытие нейтрона

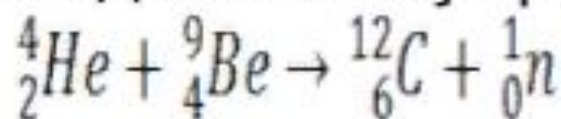


В 1932 г. Джеймс Чедвик открыл новую частицу, которая не имеет электрического заряда, и назвал ее нейтроном.

В свободном состоянии нейтрон живет около 1000 с, потом распадается на протон, электрон и нейтрино:



Существование нейтрона доказывает опыт, проведенный супругами Кюри



Открытие позитрона

В 1928 г. Поль Дирак предсказал, а в 1932 г. Карл Андерсон открыл позитрон (e^+), фотографируя следы космических частиц в камере Вильсона. Позитрон рождается в паре с электроном и является его античастицей.



Открытие фотона

Альберт Эйнштейн предположил, что свет распространяется в виде потока элементарных частиц – фотонов.

Фотоны не имеют массы.

Существуют только в движении со скоростью в вакууме $3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$

Энергия фотона прямо пропорциональна частоте $E = h\nu$



Открытие нейтрино

В 1931 г. Вольфганг Паули предсказал, а в 1955 г. экспериментально зарегистрировал нейтрино («нейтрончик») и антинейтрино.

Нейтрино появляется в ходе распада нейтрона.

Нейтрино – это легкие нейтральные частицы, очень слабо взаимодействующие с веществом.



Открытие других элементарных частиц

Начало физике элементарных частиц в современном виде было положено в 1935 г. японским физиком Хидэки Юкава.

В 1947 г. Юкава открыл π -мезон, который является переносчиком сильного взаимодействия и удерживает нуклоны внутри ядра.



В 1955 г. был открыт антипротон,
а в 1959 г. – антинейтрон.

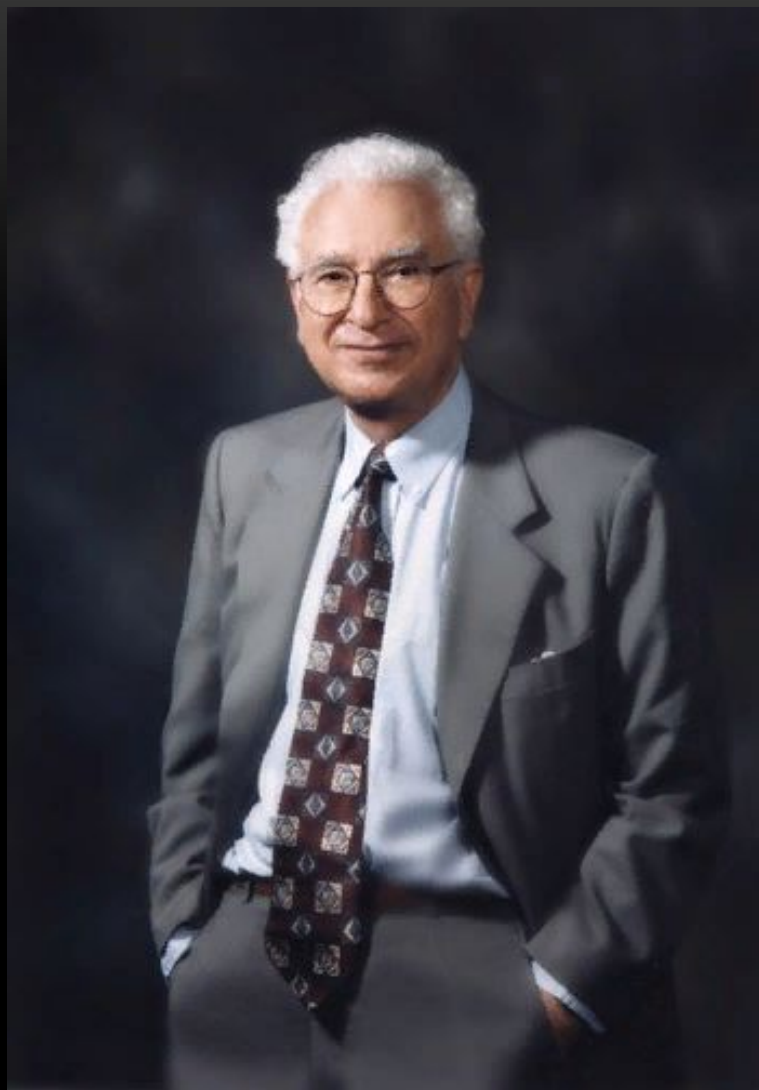
Дальнейшие исследования частиц показали, что их нельзя считать элементарными. Каждая из этих частиц при взаимодействии с другими частицами и атомными ядрами может превращаться в новые частицы.

Поэтому термин «элементарная частица» является условным.

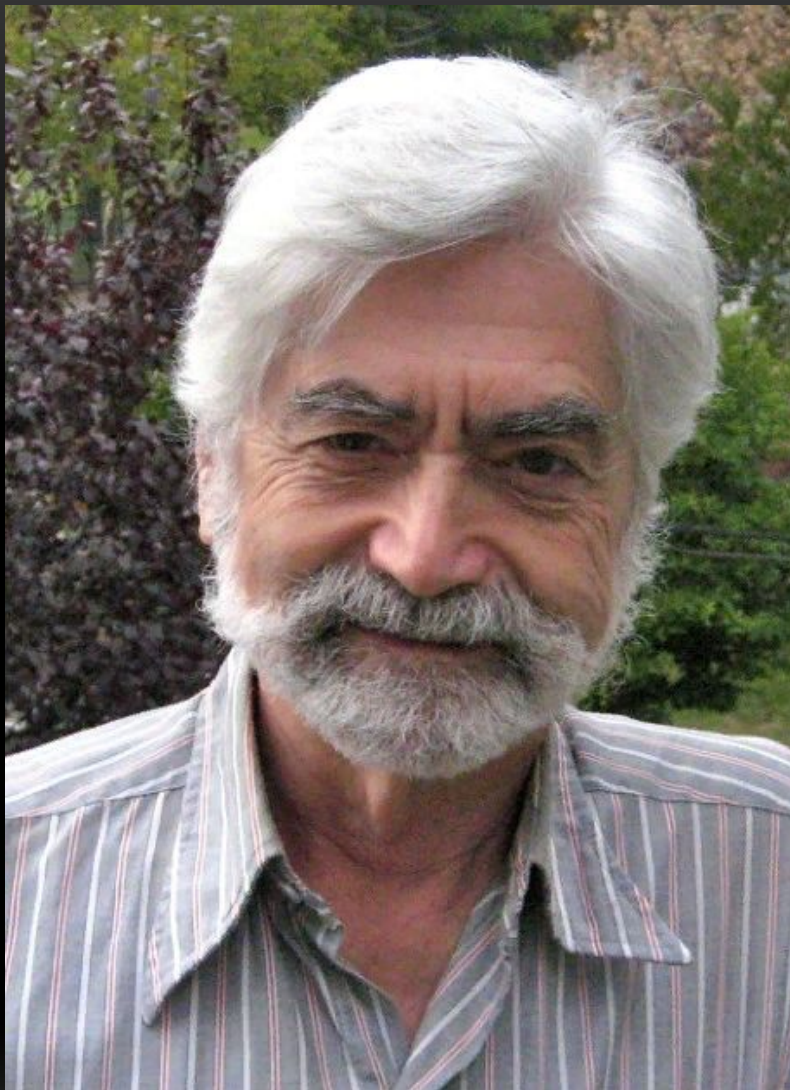
Сегодня обнаружено около 400 элементарных частиц.

ЗАГАДОЧНОЕ СЛОВО «КВАРК»... ЗВУЧИТ НЕПОНЯТНО И ЭТИМ САМЫМ ПРИВЛЕКАЕТ.

- Ученые предположили, что эти частицы состоят из неких других составляющих: протоны, нейтроны и прочие частицы состоят из еще каких-то более мелких частиц.
- Этими более мелкими частицами и оказались кварки.
- Стал их использовать и придумал эту схему американский физик Мюррей Гелл-Манн, он лауреат Нобелевской премии.
- И был еще второй человек, звали его Цвейг. Он использовал другое слово — «тузы»



Мюррей Гелл-Манн



Джордж Цвейг

ЧТО ЖЕ ТАКОЕ КВАРКИ?

- Есть атом, в атоме есть атомное ядро, ядро состоит из протонов и нейтронов.
- Такое большое количество новых частиц необходимо было проклассифицировать.
- Оказалось, что можно этого добиться, если предположить, что все частички состоят из неких составляющих. Что протоны, нейтроны, ка-мезоны, ро-мезоны и так далее, — те частицы, которые открыли, — состоят из еще более мелких составляющих, которые вот и предложили назвать словом «кварк».

Кварки

– это электрически заряженные частицы, причем их заряд – дробное число.

Кварки соединяются друг с другом

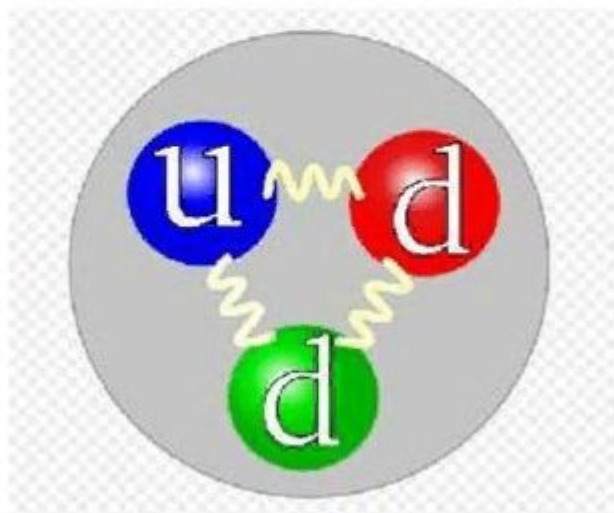
2-мя способами:

парами и тройками.

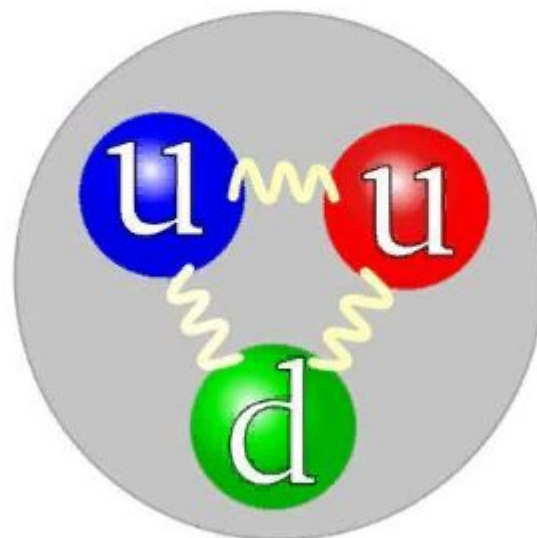
КАК СТРОЯТСЯ ЧАСТИЧКИ ИЗ ЭТИХ САМЫХ КВАРКОВ?

- Протон: берем два u-кварка и один d-кварк; uud — это протон.
Нейтрон: берем udd — это нейтрон.
- Можно взять uuu , можно взять ddd , можно взять uus , можно uds .
Всего из трех составляющих можно было построить весь мир элементарных частиц.
- Все элементарные частицы очень хорошо укладывались в «семейства». Этот путь построения частиц получил название «восьмеричный путь».
- В 1974 году не была открыта некая новая частица, которая в эту схему не укладывалась.

Нейтрон в кварковой модели



Протон в кварковой модели



- Сначала было много шума и непонятного, а потом оказалось, что для того, чтобы ее объяснить, пришлось придумать еще одну частицу, еще один кварк, четвертый. Получилось четыре кварка(1974-м году).
- Теория, которая описывает свойства кварков, говорит о том что три кварка оказались неудачной комбинацией. Например, некоторые распады частиц, которые в природе почему-то не происходят, в этой теории, наоборот, должны были хорошо происходить.
- Но через некоторое время открыли пятый кварк, пятую частицу.
- Четвертый кварк получил название «очарованный кварк».
- Пятый кварк получил название b-кварк,, то есть «прелестный» или «прекрасный».
- Так и появилась «прелестная физика», и «прекрасная физика».

- И в конце прошлого века был найден шестой кварк, его назвали t , и появилась система из шести кварков.
- Но когда их стало шесть, стало можно думать уже о собственной классификации самих кварков.

Эти кварки группируются в пары:

- первая пара — это u - и d -кварки;
- вторая пара — это c - и s -кварки;
- третья пара — это top и bot .
- Эти пары кварков, оказалось, обладают абсолютно идентичными свойствами. Единственное, что их отличает — каждая следующая пара тяжелей предыдущей. А в остальном они абсолютно одинаковы.

- Мы имеем дело с тем, что получило название «поколение».

Есть три поколения:

- первая пара — это первое поколение;
- вторая пара — второе поколение;
- третья пара — это третье поколение.

Они абсолютно идентичны, только одно поколение старше другого. На языке физики «старше» означает в данном случае «тяжелее».

ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ МИР, КОТОРЫЙ МЫ С ВАМИ ВИДИМ?

Наш мир состоит из протонов и нейтронов, больше ничего нет. Весь видимый мир, то, что мы с вами видим, на чем мы сидим, где мы ходим, воздух, которым мы дышим, вообще все, что мы наблюдаем вокруг себя - состоит из протонов и нейтронов, которые сделаны из двух кварков.

СВОЙСТВА КВАРКОВ

- Электрический заряд кварка кратен одной трети.
- Вот так мы и выбираем:
- Электрический заряд u-кварка — $2/3$

d-кварка — $-1/3$. Значит, протон как получается — uud: $2/3 + 2/3 - 1/3 = 1$ — получается +1.

А как нейтрон делается — udd: $2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$ — получается 0.

u u d p
2/3 2/3 -1/3 1

Кварк	Заряд
u или p (верхний или протонный)	+ 2/3
d или n (нижний или нейтронный)	- 1/3
c (очарованный)	+ 2/3
s (странный)	- 1/3
b (красивый)	+ 2/3
t (истинный)	- 1/3

Каждый кварк имеет спин $\frac{1}{2}$, мы строим комбинации из трех кварков.

А мезоны имеют спин 0, поэтому они строятся из двух кварков.

Например, известный π -мезон имеет спин 0, а заряд у него бывает либо +1, либо -1, либо 0. Он состоит из двух кварков.

Берем ud : u -кварк и анти- d -кварк: u -кварк — это заряд $\frac{2}{3}$, у d -кварка — $-\frac{1}{3}$; соответственно, у анти- d — $+\frac{1}{3}$; значит, $\frac{2}{3} + \frac{1}{3}$ получается 1. Вот получается π^+ мезон.

Вот таким образом из кварков с дробными зарядами строятся все наблюдаемые элементарные частицы, как барионы, так и мезоны.

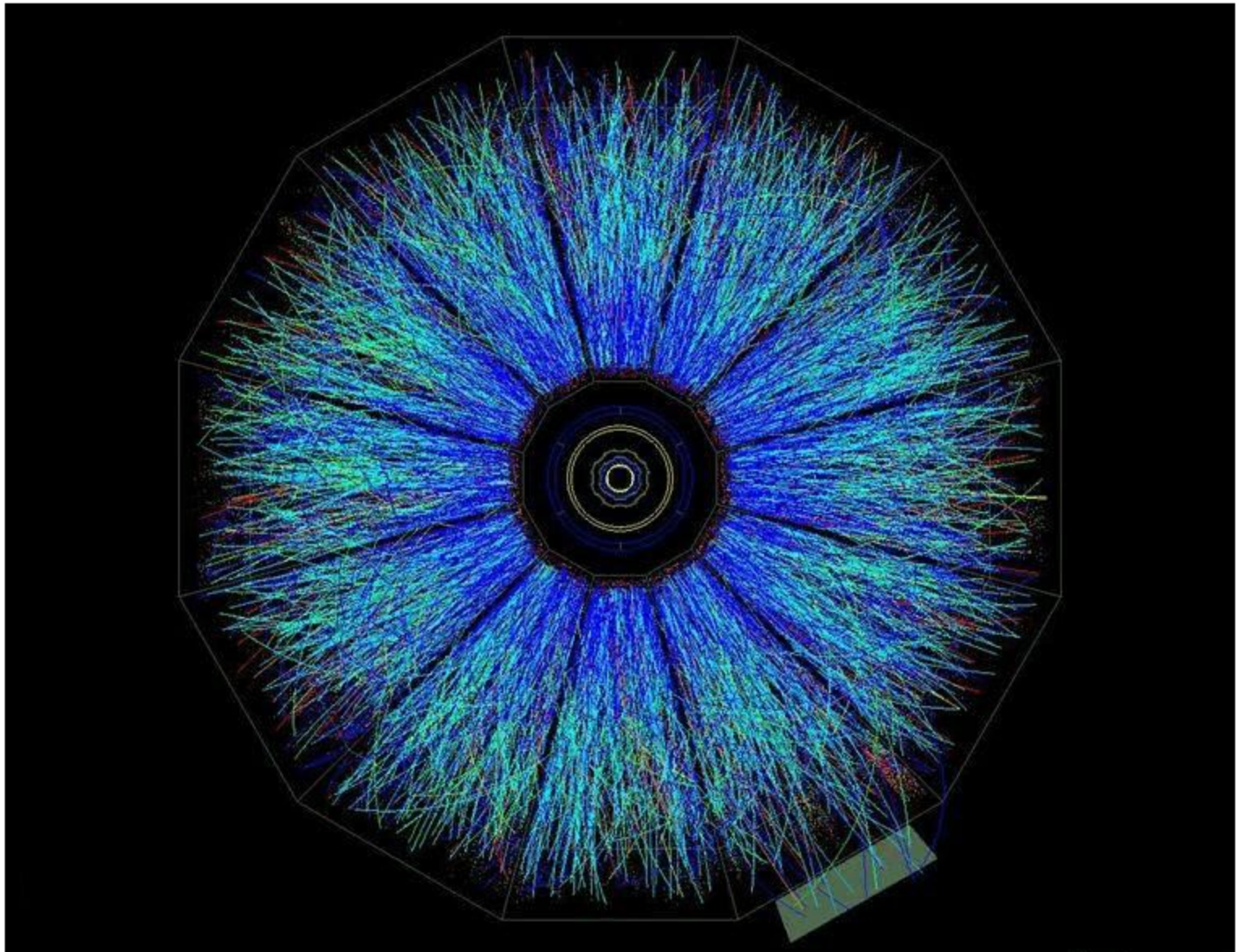
Помимо всех перечисленных характеристик кварки обладают ещё одной специфической внутренней характеристикой, называемой цветовым зарядом или просто "цветом". Сильные взаимодействия между кварками обусловлены наличием у кварков этих цветовых зарядов.

- красный
- зелёный
- синий

Кварк одного цвета может перейти в кварк другого цвета, испустив цветной глюон – частицу, являющуюся переносчиком сильного взаимодействия.. Суммарный цветовой заряд адрона равен нулю.

Адроны бесцветные или белые.

Квантовое число цвет обеспечивает необходимую антисимметрию волновой функции адронов, состоящих из одинаковых кварков, что согласуется с принципом Паули.



ОТКРЫТЫЕ ВОПРОСЫ

- почему ровно три цвета?
 - почему ровно три поколения кварков?
 - случайно ли совпадение числа цветов и числа поколений?
 - случайно ли совпадение этого числа с размерностью пространства в нашем мире?
 - откуда берётся такой разброс в массах кварков?
 - из чего состоят кварки?
 - как кварки складываются в адроны?
-

- Спасибо за внимание!