

Элементарные частицы

1897г. – Дж.Томсон
открыл электрон



1919 г.– Э.Резерфорд
открыл протон



1932 – Дж. Чедвик
открыл нейтрон



Величины, характеризующие элементарные частицы

- Масса
- Электрический заряд
- Время жизни
- Спин (собственный момент импульса)

Одной из основных проблем в ядерной физике 20-30-х годов XX века была проблема бета-распада: нарушался закон сохранения энергии

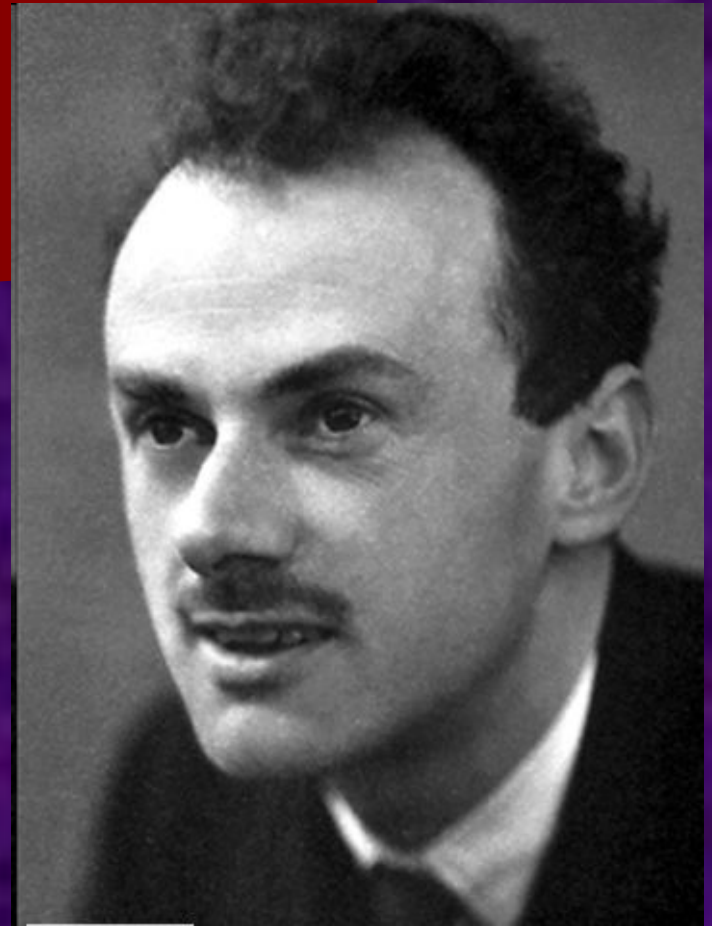
Вопрос стоял настолько остро, что в 1931 году знаменитый датский физик Н. Бор на Римской конференции выступил с идеей о не сохранении энергии! Однако было и другое объяснение — «потерянную» энергию уносит какая-то неизвестная и незаметная частица



Гипотезу о существовании чрезвычайно слабо взаимодействующей с веществом частицы выдвинул **4 декабря 1930 г. Вольфганг Паули**. Предсказанная Паули частица в работах итальянца Энрико Ферми на итальянский манер была названа «нейтрино».

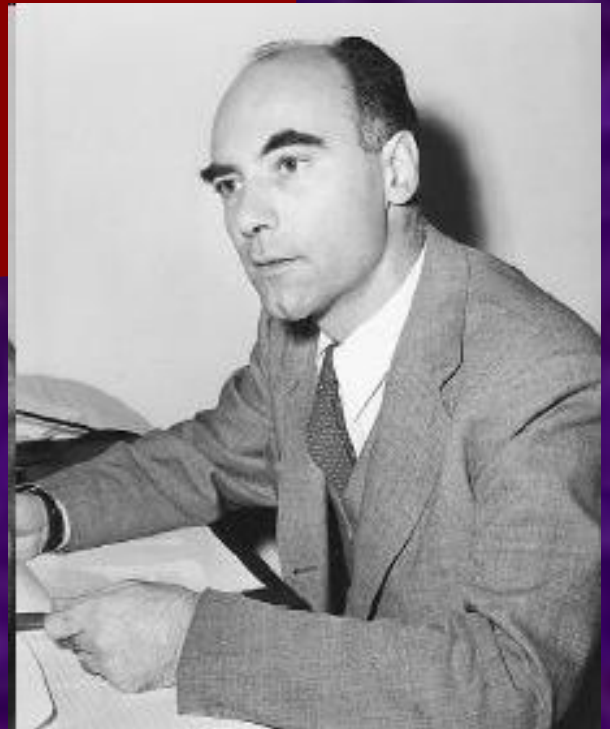
На Сольвеевском конгрессе 1933 года в Брюсселе Паули выступил с рефератом о механизме β -распада с участием лёгкой нейтральной частицы со спином $\frac{1}{2}$. Это выступление было фактически первой официальной публикацией, посвящённой нейтрино.

В 1931 г.
английский физик П.
Дирак теоретически
предсказал
существование
позитрона –
античастицы
электрона.



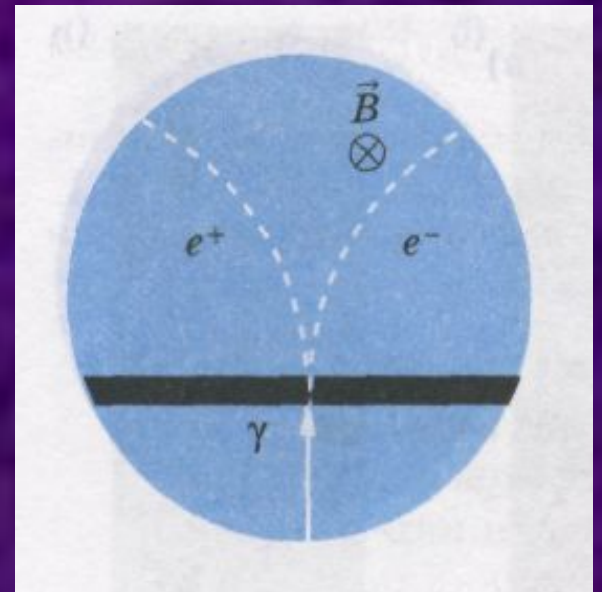
***Античастица a_0 (элементарной частицы a) –
элементарная частица, имеющая (по отношению к
 a) равную массу покоя, одинаковый спин, время
жизни и противоположный заряд.***

В 1932 г. позитрон был экспериментально открыт американским физиком Карлом Андерсоном.

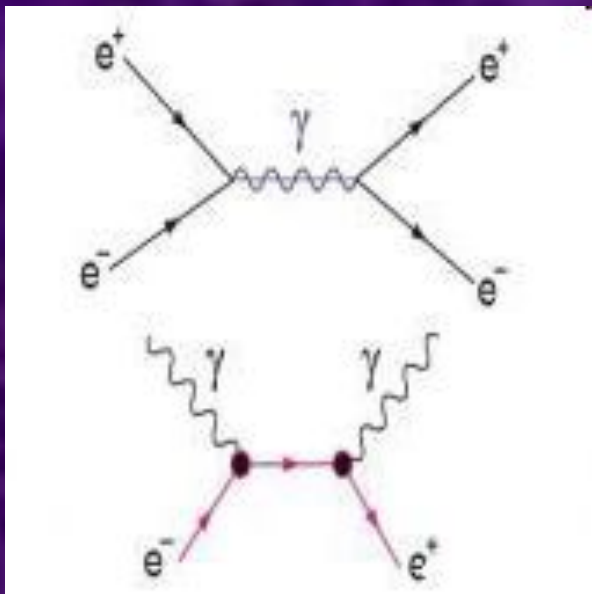


В 1947г. был обнаружен антипион.

В 1955 г. – антипротон,
а в 1956 г. антинейтрон.



Аннигиляция — процесс взаимодействия элементарной частицы с ее античастицей, в результате которого они превращаются в фотоны или другие частицы.



$$e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$$

Диаграмма Фейнмана.

Основанная на них теория — **квантовая электродинамика**



Антивещество – вещество состоящее из антинуклонов и позитронов

В 1969 г. В нашей стране был получен антигелий.

Затем были получены антидейтерий, антитритий.

Антивещество – самый совершенный источник энергии, самое калорийное «горючее»

К 1935 году было известно шесть элементарных частиц:

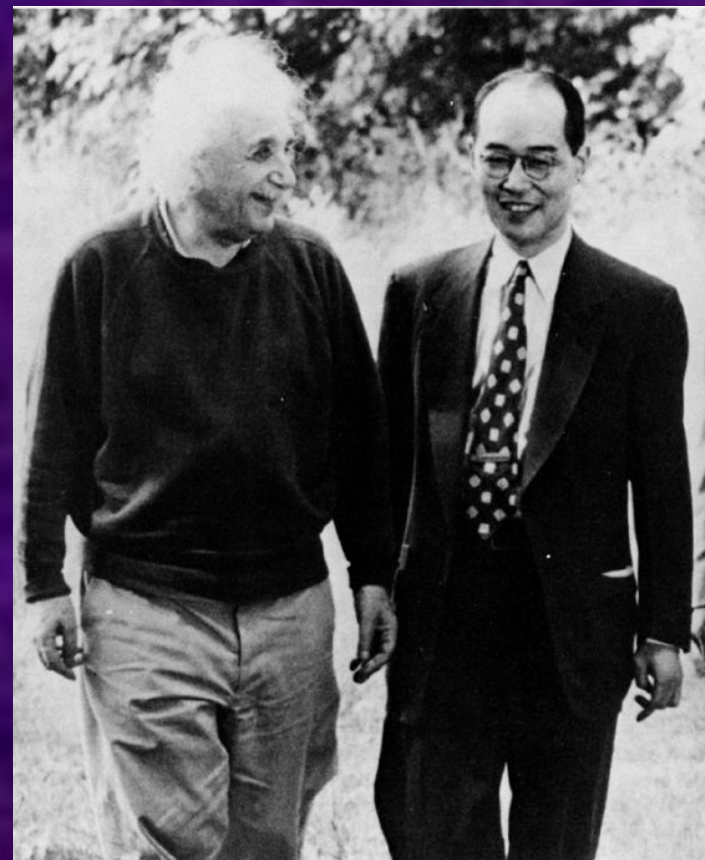
- Электрон, протон, нейтрон

- Позитрон

- Нейтрино

- Фотон

В 1935 г. японский физик Хидеки Юкава предсказал существование новой частицы, которая могла быть переносчиком сильного взаимодействия. Эта новая частица должна была иметь массу, промежуточную между массами электрона и протона, поэтому она получила название мезон — «промежуточный».



Типы взаимодействий

1) Электромагнитное

(Фарадей — поле — волна — фотон)

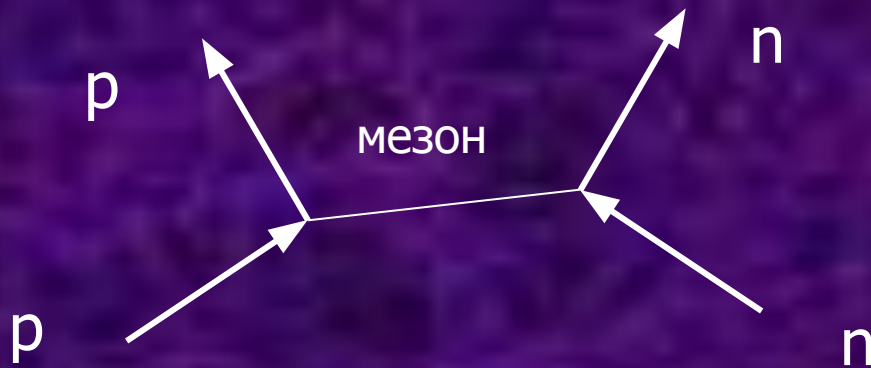
При электромагнитном взаимодействии двух заряженных частиц между ними происходит обмен фотонами:

- Одна из частиц испускает фотон, вторая его поглощает
- При этом происходит передача энергии и импульса
- Фотон поглощается второй частицей через очень малый промежуток времени, поэтому приборами обнаружить его нельзя, поэтому его называют «виртуальным», в отличие от свободных, которые могут быть зарегистрированы приборами.



2) *Сильное взаимодействие*

Исходя из аналогии с обменом фотонах, Юкава высказал предположение о существовании частицы, служащей переносчиком сильного взаимодействия - мезон



В 1947 г. частица была открыта и получила название пи-мезон (или пион)

3) Слабое взаимодействие (обеспечивает реакции распадов)

В 1956 г. американский физик Джулиан Швингер предположил, что переносчиком слабого взаимодействия являются промежуточные бозоны.

После интенсивных поисков, в начале 1983 г. о долгожданном открытии объявил Карло Руббиа (инициатор строительства адронного коллайдера в ЦЕРНе (Европейский центр ядерных исследований), Женева.

4) Гравитационное

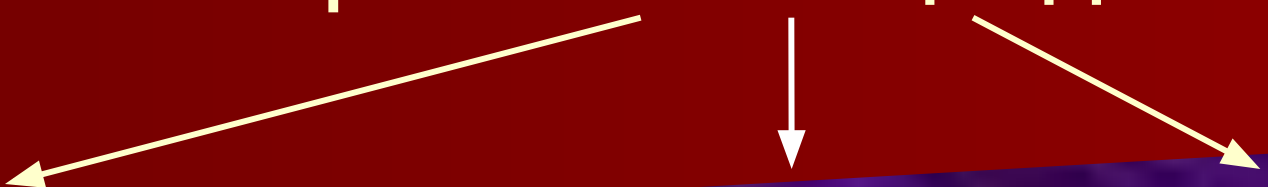
Квант гравитационного поля, получивший название гравитон, пока экспериментально не обнаружен.

Начиная с 1932г. было открыто более 400
элементарных частиц

Элементарная частица – это микробиъект, который невозможно расщепить на составные части, и который взаимодействует с другими микробиъектами как единое целое.

Фундаментальные частицы – это бесструктурные частицы, которые до настоящего времени не удалось описать как составные.

Элементарные частицы делятся на:



ФОТОНЫ

Участвуют в
сильном
взаимодействии

ЛЕПТОНЫ

Не участвуют в сильном
взаимодействии, но
участвуют в слабом
(электрон, мюон,
нейтрино)

АДРОНЫ

Участвуют в
сильном
ядерном
взаимодейст
вии

(нуклоны,
пионы и т.д.)

Эти частицы нечувствительны к сильному взаимодействию и наблюдаются как отдельные частицы. Каждый вид нейтрино, показанный здесь — это фактически смесь разных видов нейтрино, каждый из которых имеет определенную массу, не превышающую нескольких эВ

ЭЛЕКТРОННОЕ НЕЙТРИНО

Электрический заряд: 0
Нечувствительно
к электромагнитному и сильному
взаимодействиям; важно для
объяснения радиоактивности

ν_e

МЮОННОЕ НЕЙТРИНО

Электрический заряд: 0
Проявляется в слабых
взаимодействиях с участием мюона

ν_μ

ТАУ-НЕЙТРИНО

Электрический заряд: 0
Проявляется в слабых
взаимодействиях с участием
тау-лептона

ν_τ

ЭЛЕКТРОН

Электрический заряд: -1
Масса: 0,511 МэВ
Самая легкая заряженная частица,
движение которой является причиной
возникновения электрического тока;
входит в состав атома

e

МЮОН

Электрический заряд: -1
Масса: 106 МэВ
Более тяжелый аналог электрона,
время жизни которого составляет
2,2 мкс; был обнаружен в составе
космических лучей

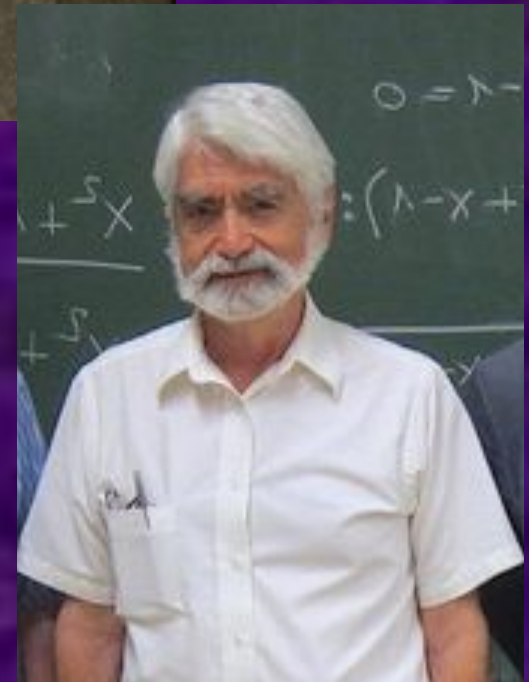
μ

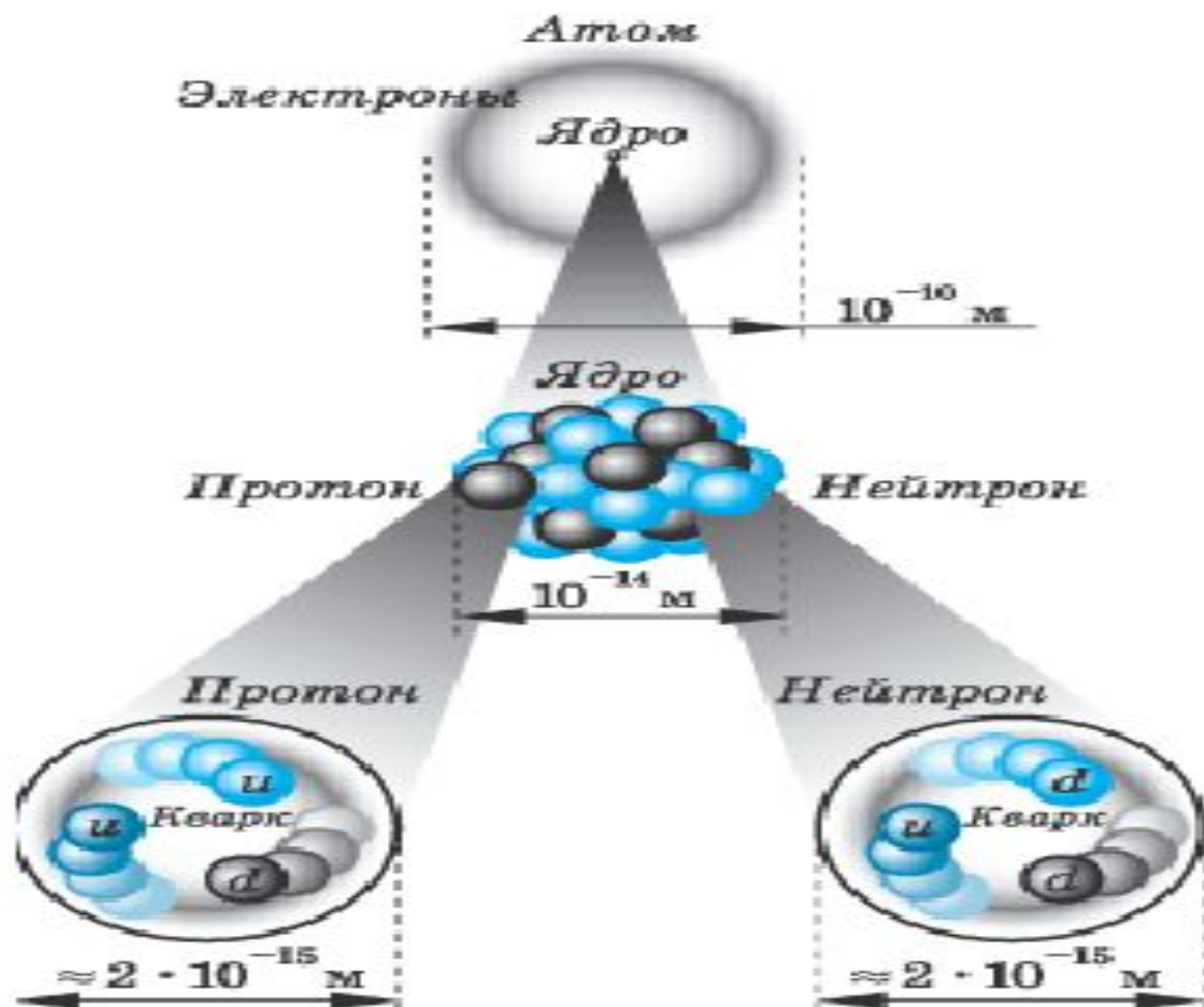
ТАУ-ЛЕПТОН

Электрический заряд: -1
Масса: 1,78 ГэВ
Другой нестабильный и еще более
тяжелый аналог электрона; время
жизни составляет 0,3 пс

τ

- В 1963 г. американские физики-теоретики Джордж Цвейг и Мюррей Гелл-Манн выдвинули гипотезу о том, что адроны состоят из кварков.
- В 1969 г. кварковая структура адронов была экспериментально подтверждена





Из кварков состоят протоны, нейтроны и большое количество менее известных частиц. Кварки никогда не наблюдаются поодиночке

ВЕРХНИЙ

 **u**

Электрический заряд: $+\frac{2}{3}$
Масса: 2 МэВ
Входят в состав атомного ядра: два верхних кварка и один нижний образуют протон

ОЧАРОВАННЫЙ

 **c**

Электрический заряд: $+\frac{2}{3}$
Масса: 1,25 ГэВ
Нестабильный более тяжелый родственник верхнего кварка; компонента J/ψ частицы, которая помогла разработать Стандартную модель

ИСТИННЫЙ

 **t**

Электрический заряд: $+\frac{2}{3}$
Масса: 171 ГэВ
Самая тяжелая из известных частиц, сравнима по массе с атомом осмия. Время жизни составляет примерно 10^{-25} с

НИЖНИЙ

 **d**

Электрический заряд: $-\frac{1}{3}$
Масса: 5 МэВ
Входят в состав атомного ядра: два нижних кварка и один верхний образуют нейтрон

СТРАННЫЙ

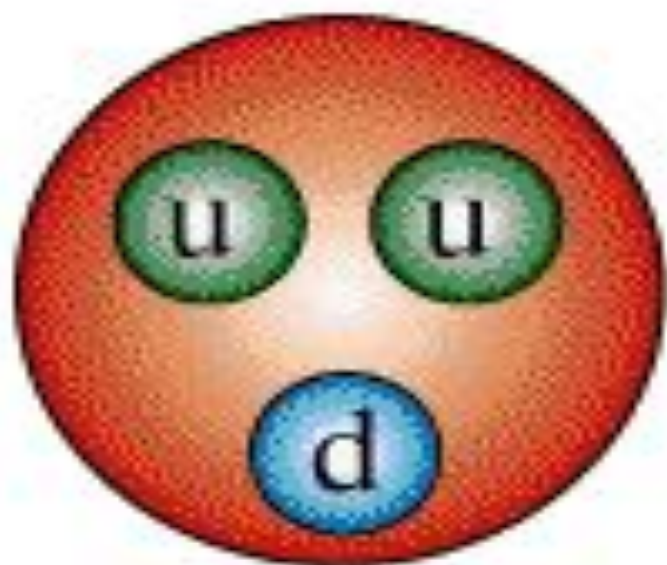
 **s**

Электрический заряд: $-\frac{1}{3}$
Масса: 95 МэВ
Нестабильный более тяжелый родственник нижнего кварка; входит в состав хорошо изученной частицы — каона

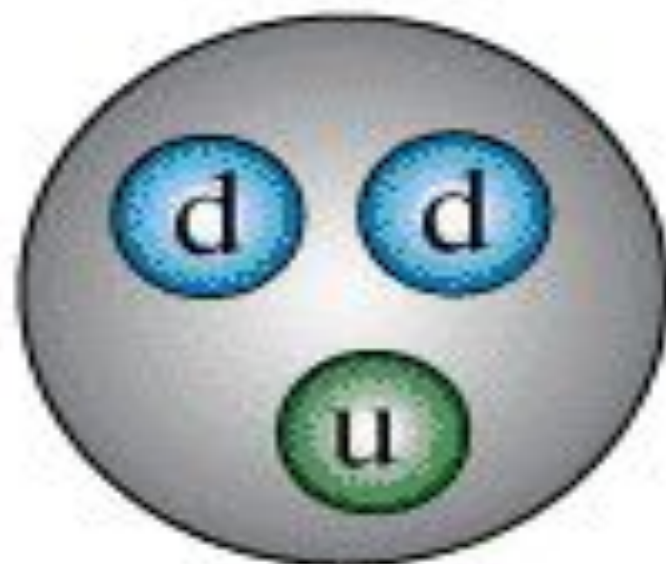
ПРЕЛЕСТНЫЙ

 **b**

Электрический заряд: $-\frac{1}{3}$
Масса: 4,2 ГэВ
Нестабильная и еще более тяжелая копия нижнего кварка; входит в состав хорошо изученного B-мезона



Протон



Нейтрон

Новая теория сильного взаимодействия получила название *квантовой хромодинамики*

Сильное взаимодействие адронов сводится к взаимодействию составляющих их кварков. Частицы, переносящие взаимодействие (аналогично фотонам в электромагнитном взаимодействии), называют глюонами (от англ. «glue» - клей)



