

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

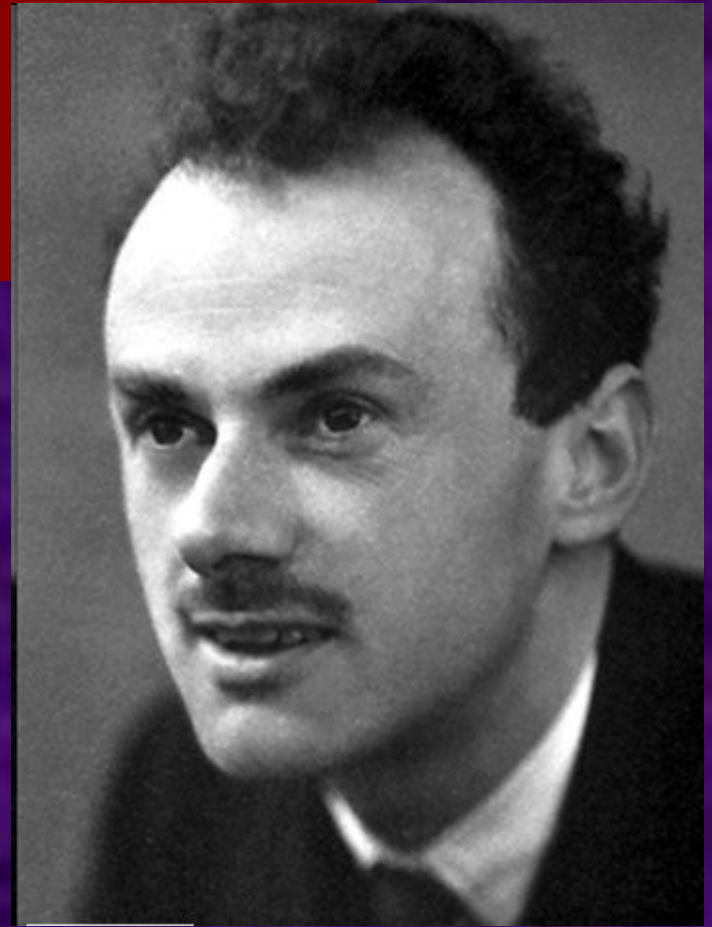
Вопрос стоял настолько остро, что в 1931 году знаменитый датский физик Н. Бор на Римской конференции выступил с идеей о не сохранении энергии! Однако было и другое объяснение — «потерянную» энергию уносит какая-то неизвестная и незаметная частица



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».

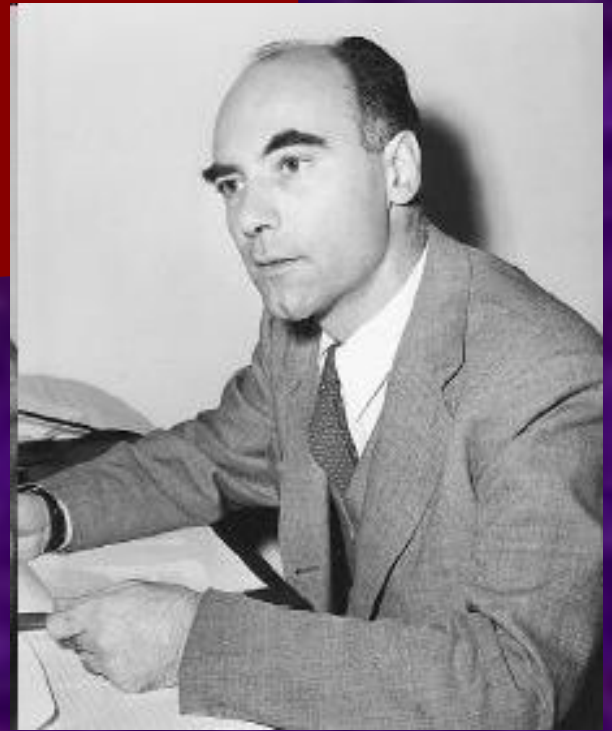
На Сольвеевском конгрессе 1933 года в Брюсселе Паули выступил с рефератом о механизме β -распада с участием лёгкой нейтральной частицы со спином $\frac{1}{2}$. Это выступление было фактически первой официальной публикацией, посвящённой нейтрино.

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



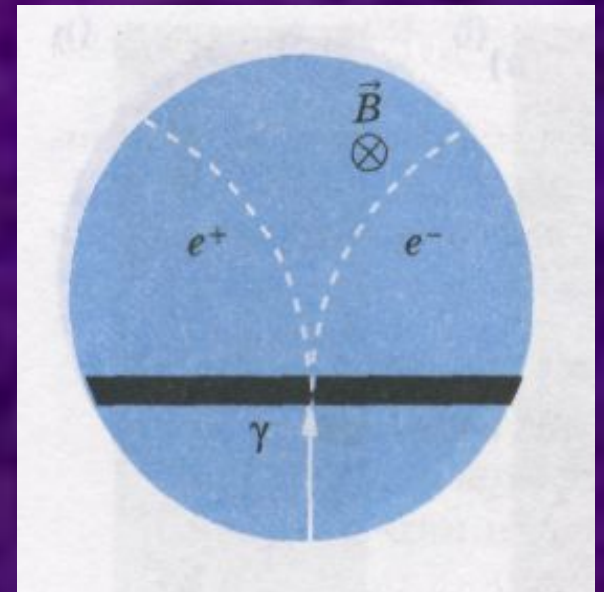
***Античастица a_0 (элементарной частицы a) –
элементарная частица, имеющая (по отношению к
 a) равную массу покоя, одинаковый спин, время
жизни и противоположный заряд.***

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

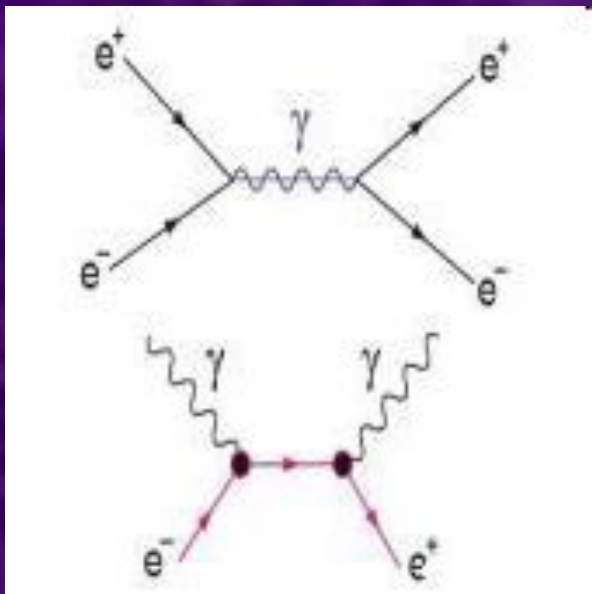


В 1947г. был обнаружен антипион.

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:

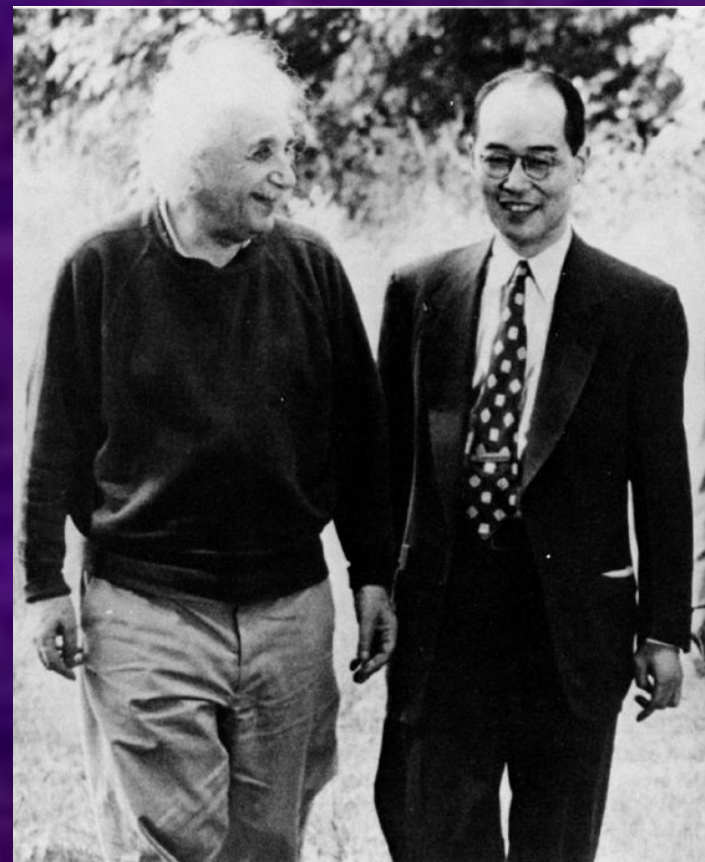
- Электрон, протон, нейтрон

- 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».



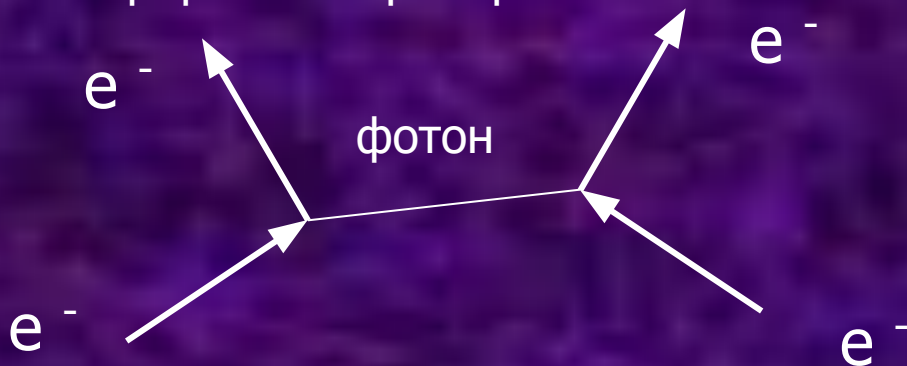
Типы взаимодействий

1) Электромагнитное

(Фарадей – поле – волна – фотон)

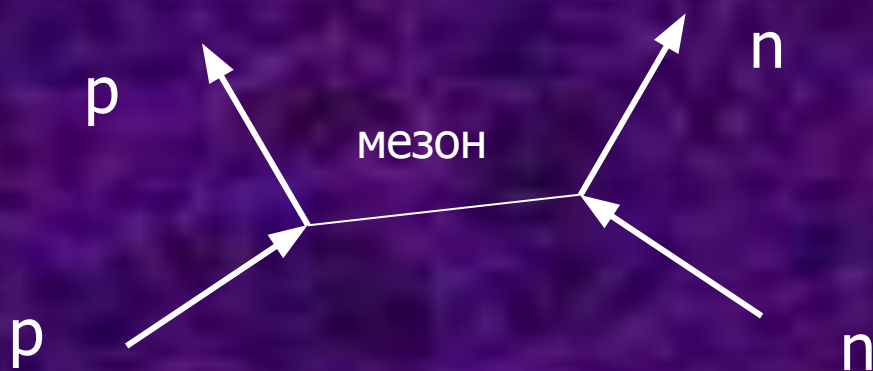
При электромагнитном взаимодействии двух заряженных частиц между ними происходит обмен фотонами:

- 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 фотонами, 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)

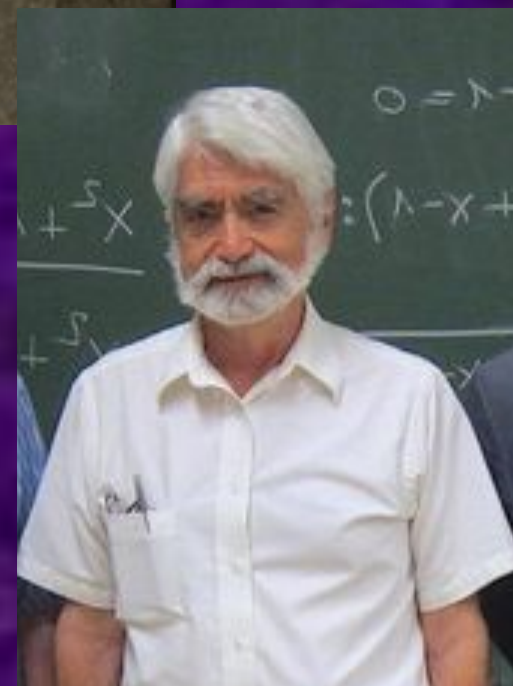
АДРОНЫ

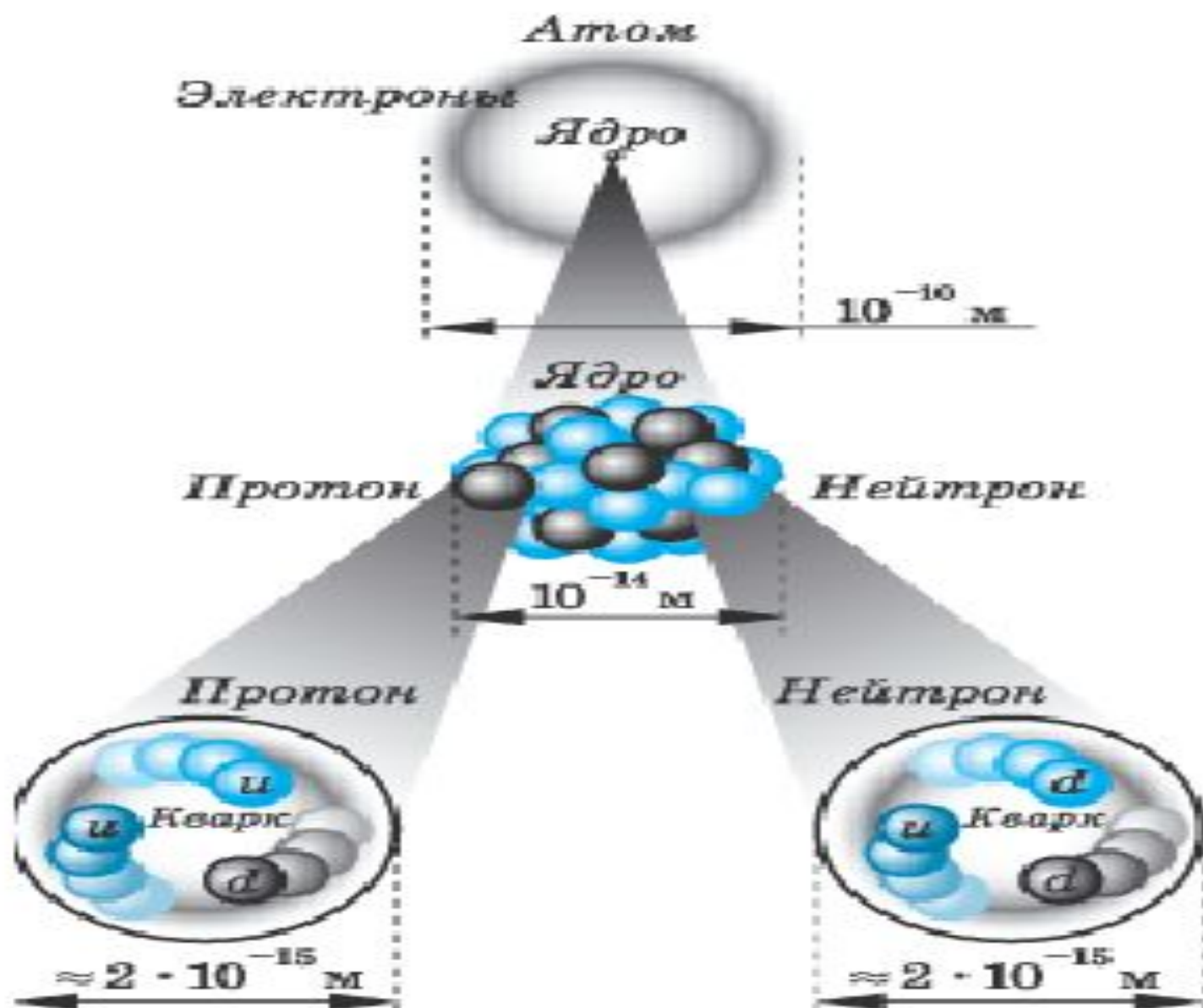
Участвуют в сильном ядерном взаимодействии
(нуклоны, пионы и т.д.)

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

<p>ЭЛЕКТРОННОЕ НЕЙТРИНО</p>  <p>Электрический заряд: 0 Нечувствительно к электромагнитному и сильному взаимодействиям; важно для объяснения радиоактивности</p> <p>ν_{ϵ}</p>	<p>МЮОННОЕ НЕЙТРИНО</p>  <p>Электрический заряд: 0 Проявляется в слабых взаимодействиях с участием мюона</p> <p>ν_{μ}</p>	<p>ТАУ-НЕЙТРИНО</p>  <p>Электрический заряд: 0 Проявляется в слабых взаимодействиях с участием тау-лептона</p> <p>ν_{τ}</p>
<p>ЭЛЕКТРОН</p>  <p>Электрический заряд: -1 Масса: 0,511 МэВ Самая легкая заряженная частица, движение которой является причиной возникновения электрического тока; входит в состав атома</p> <p>ϵ</p>	<p>МЮОН</p>  <p>Электрический заряд: -1 Масса: 106 МэВ Более тяжелый аналог электрона, время жизни которого составляет 2,2 мкс; был обнаружен в составе космических лучей</p> <p>μ</p>	<p>ТАУ-ЛЕПТОН</p>  <p>Электрический заряд: -1 Масса: 1,78 ГэВ Другой нестабильный и еще более тяжелый аналог электрона; время жизни составляет 0,3 пс</p> <p>τ</p>

- 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: $+2/3$
Масса: 2 МэВ
Входят в состав атомного ядра: два верхних кварка и один нижний образуют протон

ОЧАРОВАННЫЙ



c

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

ИСТИННЫЙ



t

Электрический заряд: $+2/3$
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: $-1/3$
Масса: 5 МэВ
Входят в состав атомного ядра: два нижних кварка и один верхний образуют нейтрон

СТРАННЫЙ



s

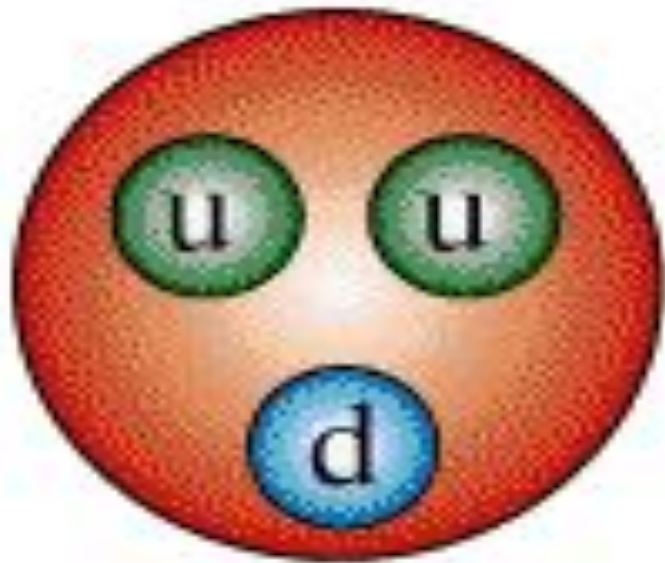
Электрический заряд: $-1/3$
Масса: 95 МэВ
Нестабильный более тяжелый родственник нижнего кварка; входит в состав хорошо изученной частицы — каона

ПРЕЛЕСТНЫЙ

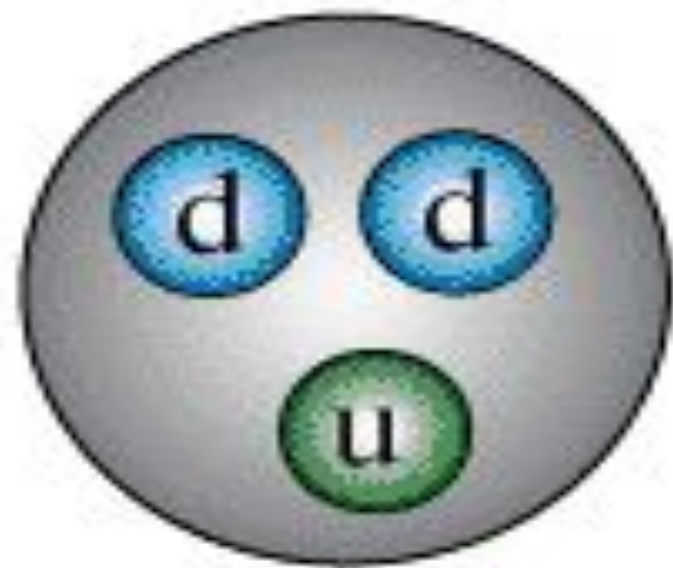


b

Электрический заряд: $-1/3$
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)



