

Ещё дальше в микромир: кварки!



*Презентацию составила учитель физики
МОУ «СОШ№5 п. Карымское» М.В. Забелина*

Ещё дальше в микромир: кварки!

*«Когда ядро кувалдой разбиваешь,
Добыть пытаешься в нём какой-нибудь
нейтрон —
Оттуда вдруг со страшным скрипом
выползает
Частица анти-сигма-минус-гиперон».*
(Из студенческой песни)



Установки, в которых разгоняются заряженные частицы, называются **ускорителями**. А установки, в которых разогнанные частицы сталкиваются друг с другом, называются **ускорителями на встречных пучках**, или **коллайдерами**. Коллайдер – «*to collide*» по-английски — «сталкиваться».

Самый мощный из существующих Большой адронный коллайдер на границе Швейцарии и Франции имеет «разгонную батарейку» напряжением в 7 тысяч миллиардов вольт! С начала работы Большого адронного коллайдера с его помощью открыли 62 новые элементарные частицы.



Классификация элементарных частиц???

Все обнаруженные частицы можно разделить на две группы — **лептоны** и **адроны**.

Лептонов всего 12. Из них мы уже знакомы с четырьмя — электрон, нейтрино и их античастицы, позитрон и антинейтрино. Есть ещё *мюон* и *таон* (*тау-лептон*), похожие на электрон и имеющие такой же заряд, но более тяжёлые, и два соответствующих типа нейтрино — мюонное и тау. Плюс их античастицы. Все они не участвуют в сильных взаимодействиях, но участвуют в слабых — то есть в превращениях частиц друг в друга.

А что же остальные, адроны, которых несколько сотен? Вот они все состоят из... **кварков**.



Элементарные частицы

Фотоны

Лептоны

электрон

таон

мюон

Адроны

барионы

мезоны

кварки

«Аромат»

«Цвет»
(антицвет)

нуклоны

гипероны

протон

нейтрон

Кварки – кирпичики материи

Кварки - бесструктурные точечные частицы со спином $1/2\hbar$, участвующие в сильном взаимодействии (как и во всех остальных) и являющиеся элементарными составляющими всех адронов.

масса → $\approx 2.3 \text{ МэВ}/c^2$

заряд → $2/3$

спин → $1/2$



верхний

$\approx 1.275 \text{ ГэВ}/c^2$

$2/3$

$1/2$



очарованный

$\approx 173.07 \text{ ГэВ}/c^2$

$2/3$

$1/2$



ИСТИННЫЙ

$\approx 4.8 \text{ МэВ}/c^2$

$-1/3$

$1/2$



нижний

$\approx 95 \text{ МэВ}/c^2$

$-1/3$

$1/2$



странный

$\approx 4.18 \text{ ГэВ}/c^2$

$-1/3$

$1/2$

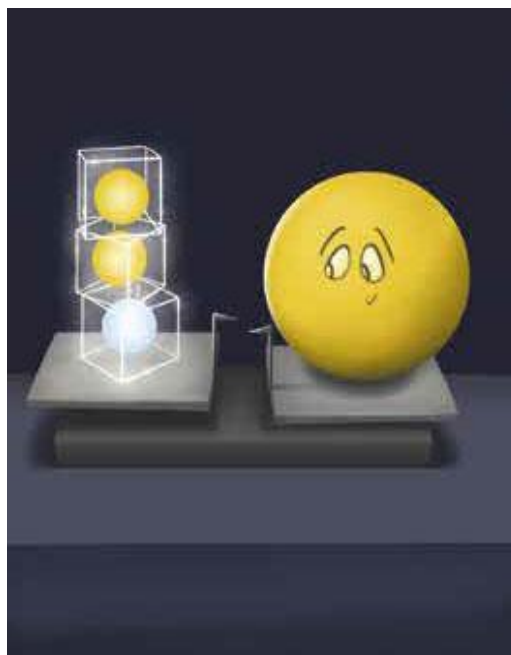


прелестный

КВАРКИ

Кварки: их обозначения, английские и русские названия и заряды

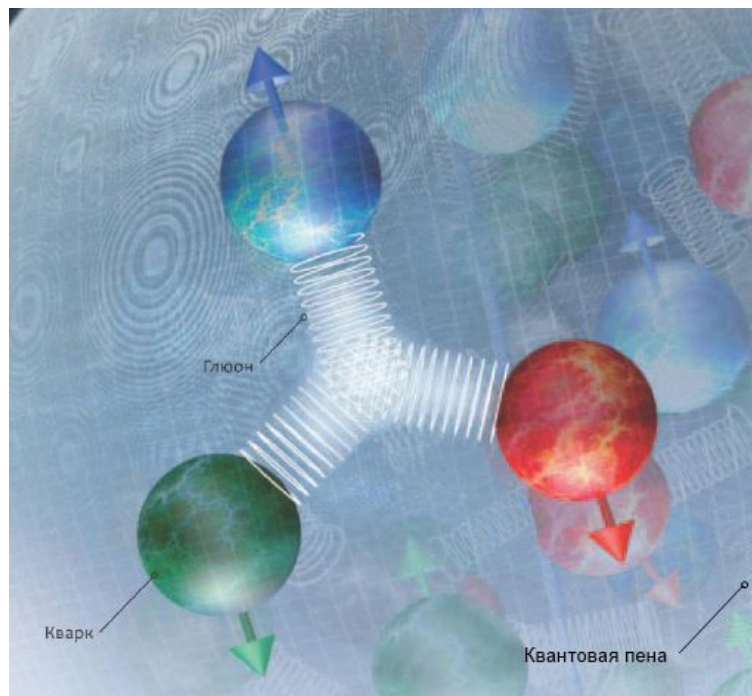
| | | |
|----------------------------|-------------------------------------|--|
| u $+2/3$ up, верхний | s $-1/3$ strange, странный | b $-1/3$ bottom или beauty, прелест- ный, красивый |
| d $-1/3$ down, нижний | c $+2/3$ charm, очарованный | t $+2/3$ top или truth, истинный |



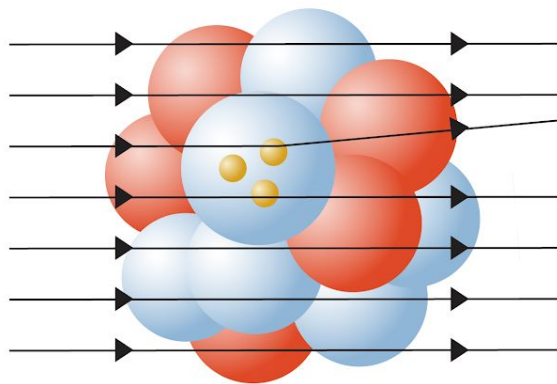
Кварки участвуют в сильном взаимодействии. И уж там, внутри адрона, это взаимодействие действительно сильное — его энергия во много раз больше энергии, заключённой в самих кварках. Из-за этого масса любого адрона много больше массы составляющих его кварков. Сильное взаимодействие, которое удерживает протоны и нейтроны в ядре, — это всего лишь жалкие «хвостики» тех сил, которые бушуют внутри них самих. И в слабом взаимодействии кварки тоже участвуют — иначе как бы могли в нём участвовать сделанные из них адроны? Теория кварков прекрасно объясняет многочисленные виды новых частиц, рождающихся в столкновениях при очень высоких энергиях.



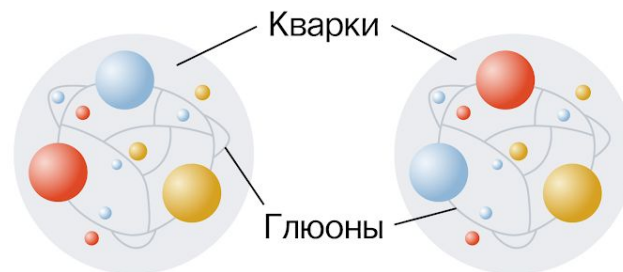
Кварк – частица очень хрупкая и не может существовать в одиночку. Отдельно кварк может прожить невообразимо малое время – менее 3×10^{-24} секунды. Ему просто необходимо общество других кварков. Почему? Дело в том, что кварки любят обмениваться энергией с соседями, для чего постоянно посылают соседям «пакеты» энергии, которые называются **ГЛЮОНЫ**. Если кварк не получит энергии взамен утраченной, он попросту исчезнет. Название глюон произошло от английского слова glue (клей), и очень точно описывает их суть.



Кварк – глюонная модель



Рассеяние электронов
на кварках внутри ядра

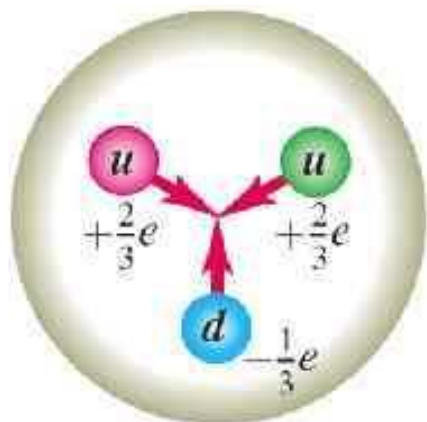


Протон

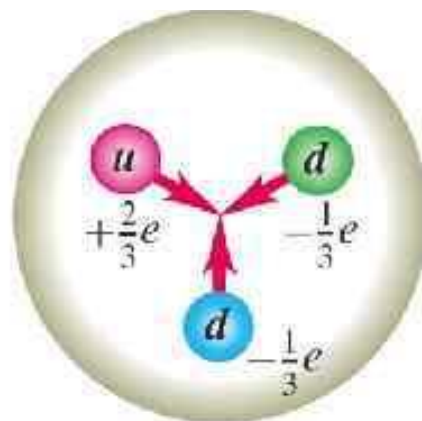
Нейтрон

Кварки могут комбинироваться только в такие сочетания, в которых их суммарный заряд (в единицах заряда электрона) целый. И только в таких сочетаниях их можно наблюдать в природе. Эти сочетания и есть элементарные частицы; хоть они и состоят из кварков, но отдельный кварк из них выделить нельзя, невозможно разделить элементарную частицу на кусочки. Поэтому они всё-таки элементарные, несмотря на их внутреннюю структуру.

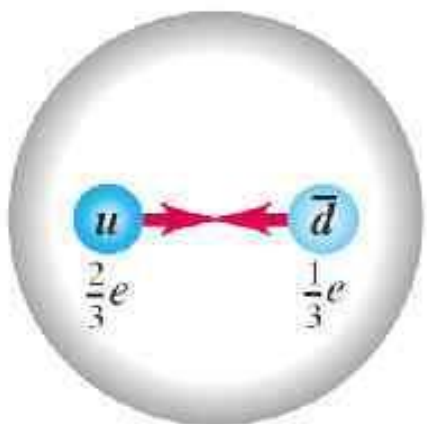
Кварковая структура четырех различных адронов



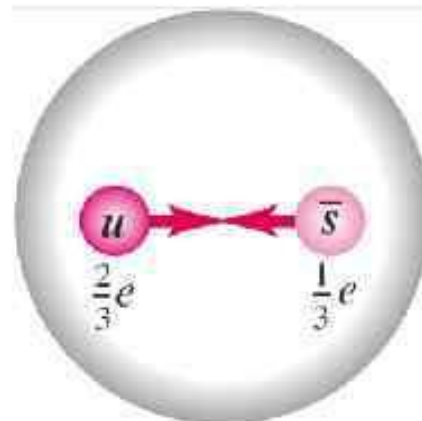
Протон p



Нейтрон n



Положительный пион
(π^+ -мезон)



Отрицательный пион
(π^- -мезон)

Ещё дальше в микромир: кварки!

Российские и зарубежные ученые, проводящие эксперимент на LHCb (одном из детекторов Большого адронного коллайдера), объявили об открытии новой элементарной частицы — экзотического тетракварка. Об этом сообщили Европейская организация по ядерным исследованиям (CERN) и новосибирский Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера.

Частица сильно выделяется среди собратьев и представляет собой новую форму материи. Это единственный известный науке дважды очарованный тетракварк, то есть содержащий сразу два очарованных кварка, но не имеющий в своем составе очарованных антикварков.

Новая частица — рекорсмен-долгожитель: время ее жизни примерно в 10-500 раз больше частиц с похожей массой. Экзотический тетракварк имеет положительный заряд (+1) и массу приблизительно 3,875 гигаэлектронвольт.

Одна из возможных внутренних структур экзотического тетракварка

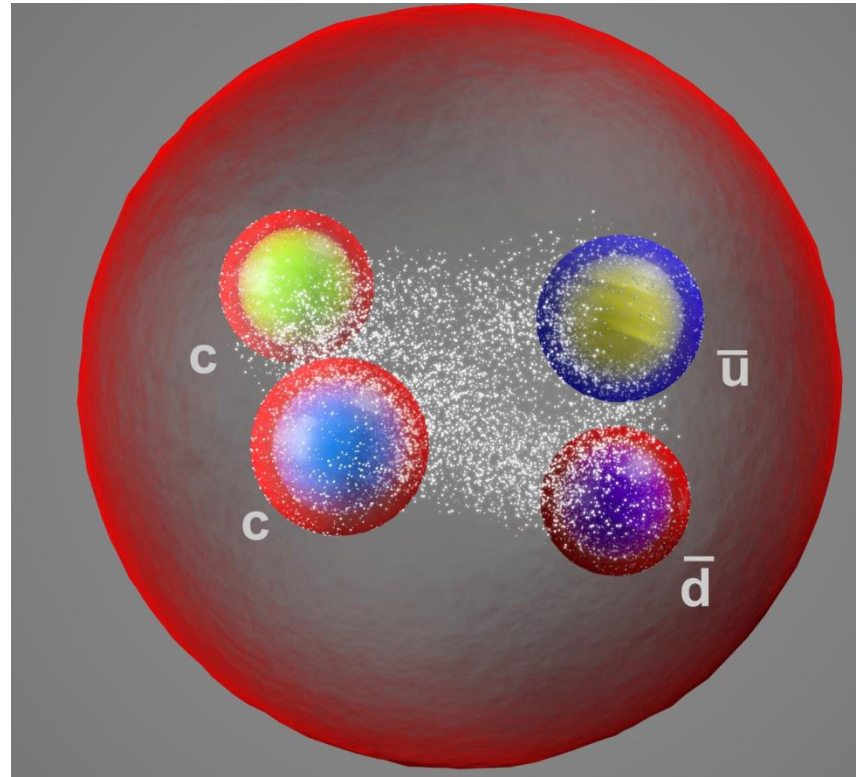


Иллюстрация CERN

Подумаем!

Задача 1

А из каких кварков состоит античастица π^+ -мезона — π^- -мезон? Из чего состоит K^+ -мезон, если он самый лёгкий из странных мезонов, а заряд у него +1? Адроны из трёх кварков называются *барионами*. Самый лёгкий барион — как раз протон: это комбинация *uud*.

Задача 2

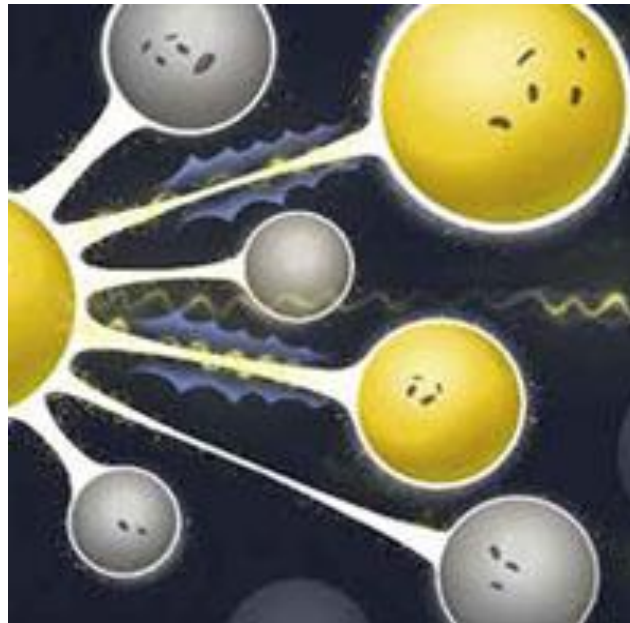
Второй нестранный адрон — это нейтрон. Из каких кварков состоит он? Бывает ли антинейтрон?

Задача 3

Гиперонами называют странные, но не очарованные (и тем более не прелестные) барионы. Сигма-гипероны — лёгкие. Индекс плюс или минус (или ноль) в обозначении и названии адрона соответствует знаку заряда. Что же такое анти-сигма-минус-гиперон? Отличается ли он от сигма-плюс-гиперона?

Подведем итоги!

Теория кварков прекрасно объясняет многочисленные виды новых частиц, рождающихся в столкновениях при очень высоких энергиях. К сожалению, для понимания того, что творится в атомных ядрах при обычных «ядерных» энергиях — например, для понимания, как именно устроены ядерные силы или какие именно ядра устойчивы, а какие нет и почему, — она не очень помогает. Во всяком случае, и в «кварковой» теории, и в «обычной» ядерной физике ещё куча не отгаданных загадок. Некоторые из них вас дождутся!



Источники

https://pikabu.ru/story/kvarki_kirpichiki_materii_6412392

https://tvrain.ru/news/na_bolshom_adronnom_kollajdere_otkryli_nov_uju_formu_materii-534934/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop

https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/435226/Eshchyo_dalshe_v_mikromir_kvarki

Шаблон презентации

Фокина Л.П.

Сайт <http://linda6035.ucoz.ru/>