

*up*



*down*



*strange*



# кварки



*bottom*



*top*



*charm*

# Строение материи

- Мельчайшая частица вещества – **молекула**.
- Молекулы состоят из **атомов**.
- Атом состоит из ядра и электронов которые вращаются вокруг него.
- Ядро атома состоит из **протонов и нейтронов**.
- А из чего состоят протоны нейтроны и другие элементарные частицы?....

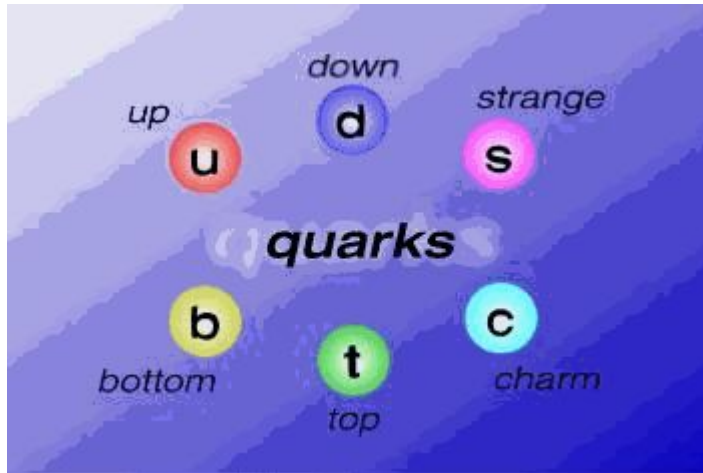
# Гипотеза Гелл-Манна



- В 1964 г Гелл-Манн (Gell-Mann) предложил теорию объясняющую строение адронов (барионов и мезонов).
- Согласно этой теории, адроны состоят из неких фундаментальных объектов, названных Гелл-Манном **кварками**.

# Сколько кварков существует

На сегодня считается, что существуют **шесть** различных типов кварков



Тип	Аромат	
u	up	Верхний
d	down	Нижний
c	charm	Очарованный
s	strange	Странный
t	top ( true)	Самый высокий (истинный)
b	bottom ( beauty)	Самый низкий (красивый)

**Аромат**, тоже что и **тип** – условное обозначение для различных типов кварков



# Свойства кварков

- Согласно **Стандартной модели** строения вещества и **квантовой хромодинамики**, кварки обладают рядом специфических свойств: *массой, цветом, электрическим зарядом( $Q$ ), спином( $J$ ), странностью( $S$ ), очарованием( $c$ ), красотой( $b$ ) и истинностью( $t$ ).*
- Каждое свойство задается величиной, называемой **квантовое число**. (каждый кварк описывается набором квантовых чисел)



# Свойства кварков

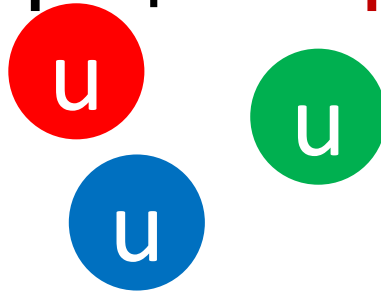
## (Сводная таблица)

Аромат	Масса, МэВ/с <sup>2</sup>	I спин	I <sub>3</sub> проекция спина	Q <sub>q</sub> /e заряд	s странн ость	c очаров ание	b красот а	t истинн ость
u up	330; (5)	1/2	1/2	2/3	0	0	0	0
d down	340; (7)	1/2	-1/2	-1/3	0	0	0	0
s strange	450; (150)	0	0	-1/3	-1	0	0	0
c charm	1500	0	0	2/3	0	1	0	0
b beauty	5000	0	0	-1/3	0	0	-1	0
t truth	174000	0	0	2/3	0	0	0	1

*Свойства адронов определяются набором значений квантовых чисел соответствующих кварков*

# Свойства кварков (цвет)

- Каждый из шести кварков может существовать в трех видах или лицах. Каждый вид задается цветом.
- Принято считать три цвета: **красный**, **зеленый** и **синий**.



- Цвет или цветовой заряд, характеризует взаимодействие кварков и глюонов.

# Свойства кварков (электрический заряд)

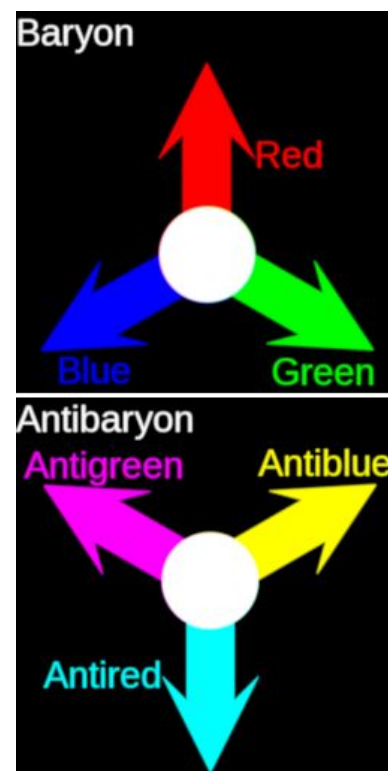
Кварки имеют дробный электрический заряд по отношению к элементарному заряду (к заряду электрона)

Тип	Заряд	
u	up	+ 2/3 e
d	down	- 1/3 e
c	charm	+ 2/3 e
s	strange	- 1/3 e
t	top ( true)	+2/3 e
b	bottom ( beauty)	-1/3 e



# Свойства кварков (антикварки)

Заряд		
Тип	Кварк	Антикварк
u	+ 2/3 e	- 2/3 e
d	- 1/3 e	+ 1/3 e
c	+ 2/3 e	- 2/3 e
s	- 1/3 e	+ 1/3 e
t	+2/3 e	- 2/3 e
b	- 1/3 e	+1/3 e



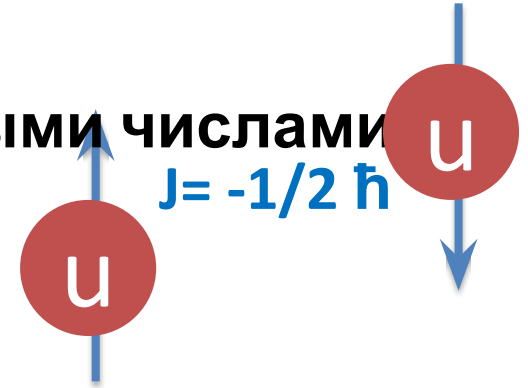
Антикварки обладают противоположным по знаку электрическим зарядом и антицветом (антикрасный, антизеленый, антисиний)

# Свойства кварков (спин)

**Спин** – внутренняя квантовая характеристика частицы.

Спин обозначается буквой **J**.

Спин измеряется целыми и полуцелыми числами кратными постоянной Планка  $J = +1/2 \hbar$  или  $J = -1/2 \hbar$   
 $J = 0; 1/2 \hbar; 1 \hbar; 3/2 \hbar; 2 \hbar; \dots$



**Кварк может иметь спин  $+1/2 \hbar$  или  $-1/2 \hbar$**

Спин это векторная характеристика частицы.

Принято считать, что при положительном значении спин направлен вверх, при отрицательном вниз

*Частица имеющая спин  $J$  может находиться*

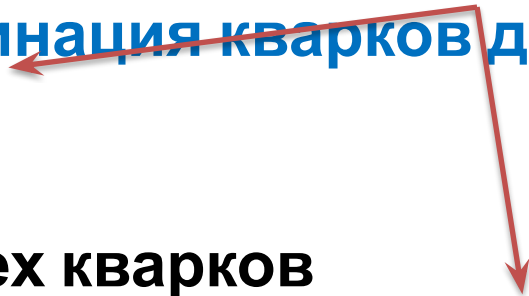
*в  $(2J+1)$  спиновых состояниях*

# Свойства кварков

Кварки **не существуют в свободном виде**, они **всегда «связаны» друг с другом** в частицах, которые они образуют.

Неразрывность кварковых связей называется **конфайнмент**

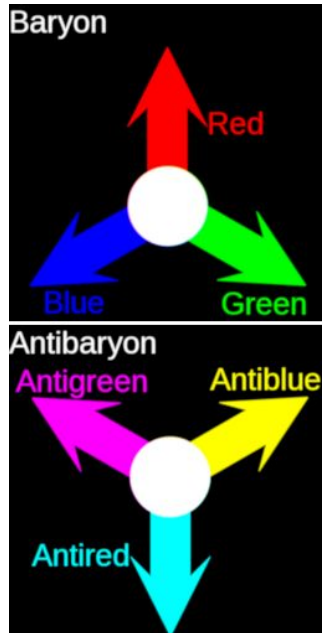
При образовании адронов из кварков должно выполняться **условие**: комбинация кварков должна быть **бесцветной**.



Бесцветная комбинация трех кварков  
(**красный**+**зеленый**+**синий**)

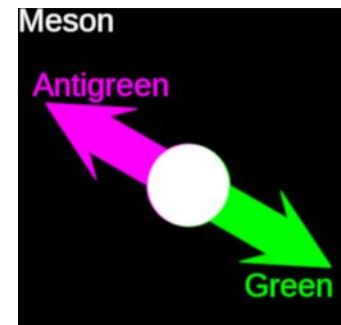
Бесцветная комбинация двух кварков  
(кварк+антикварк)

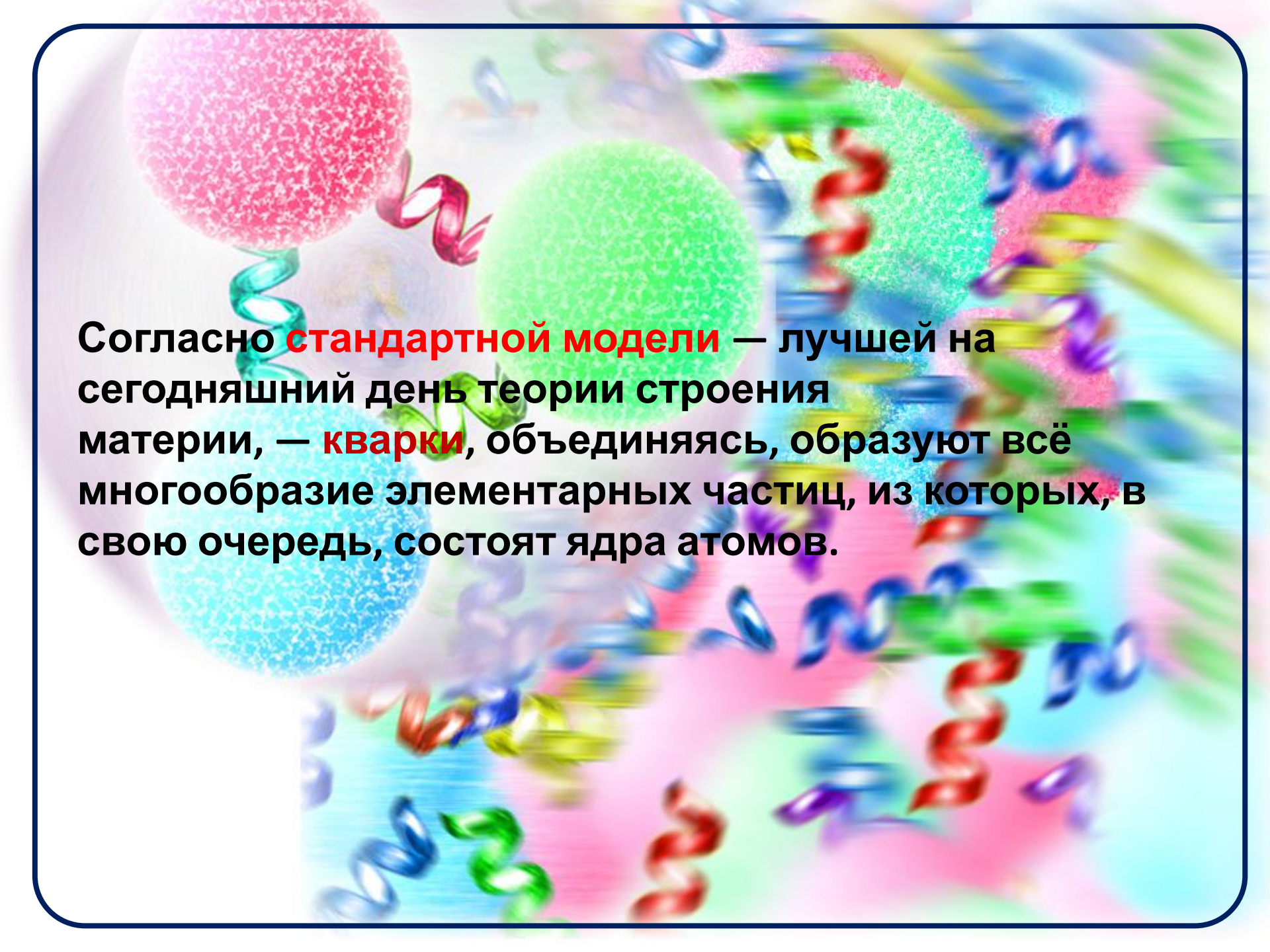
# Свойства кварков (бесцветные комбинации)



Все **барионы** состоят из комбинации трех кварков разного цвета , антибарины из трех антикварков различных антицветов

Все **мезоны** состоят из двух кварков несущих цвет и антицвет

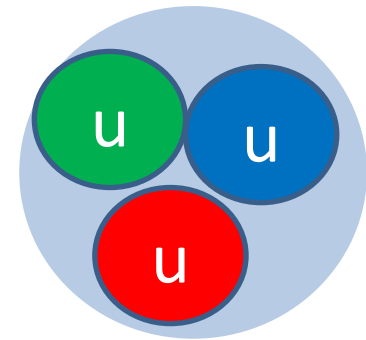
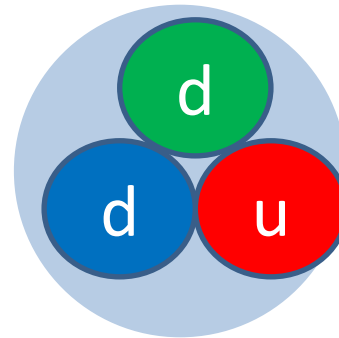
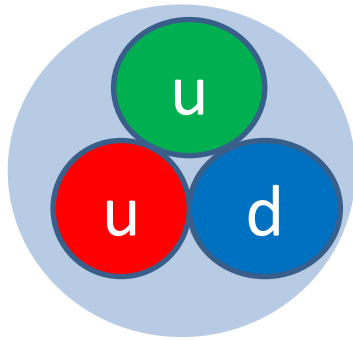


The background of the slide is an abstract, colorful visualization. It features several large, textured spheres in shades of pink, green, and blue. Interspersed among these spheres are numerous smaller, multi-colored ribbons or helices, resembling DNA or particle tracks, in colors like red, blue, green, and purple. The overall effect is a dynamic and complex representation of particle interactions or the structure of matter.

Согласно **стандартной модели** — лучшей на сегодняшний день теории строения материи, — **кварки**, объединяясь, образуют всё многообразие элементарных частиц, из которых, в свою очередь, состоят ядра атомов.

# Строение барионов

Барионы состоят из трех кварков



p -  
протон

n -  
нейтрон

$\Delta^{++}$  -

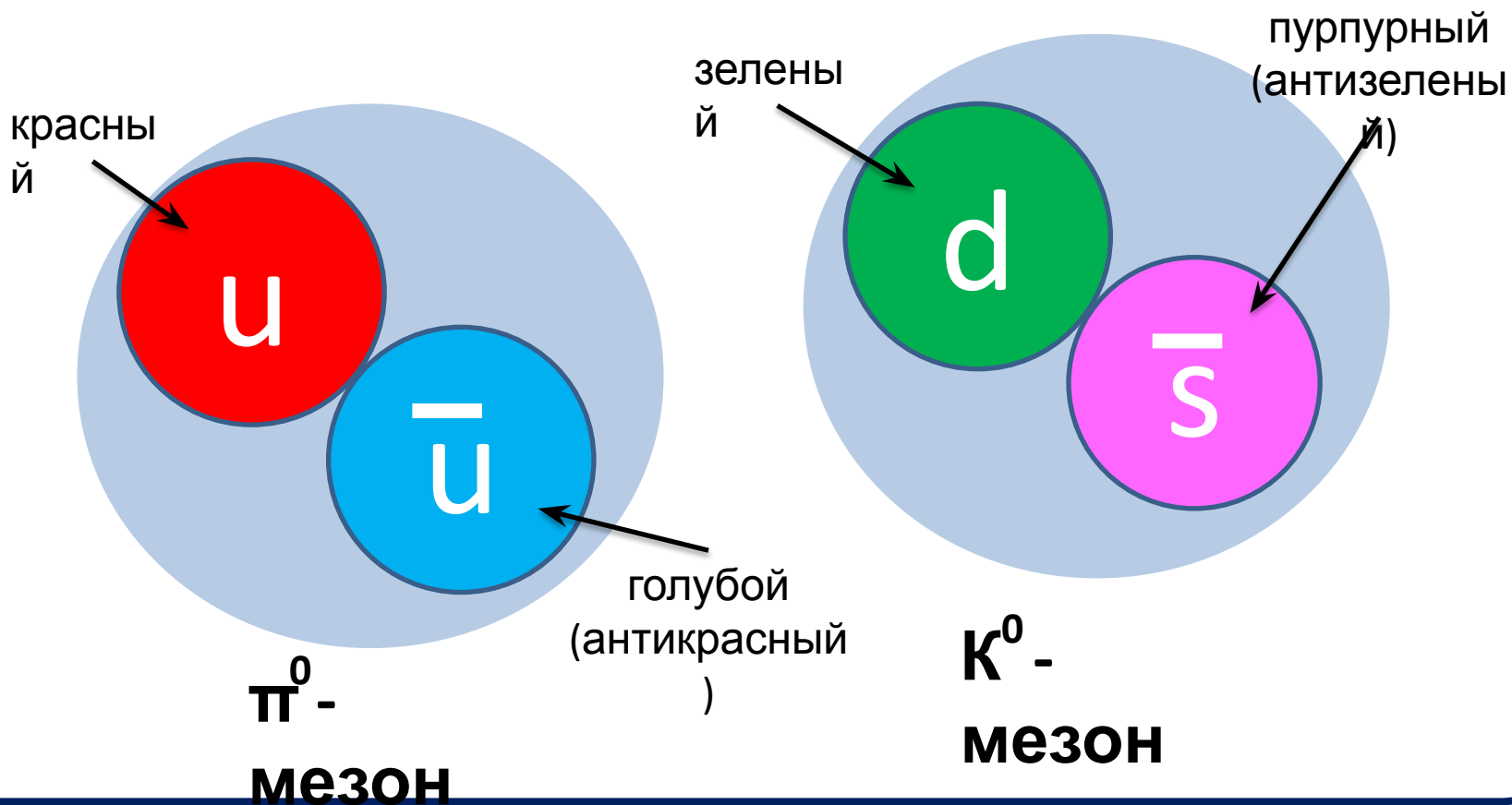
Частица	Протон	Нейтрон	гиперон
Заряд	$+2/3+2/3-1/3= +1$	$+2/3-1/3-1/3= 0$	$+2/3+2/3+2/3= +2$

*Заряд частицы определяется суммарным зарядом кварков*

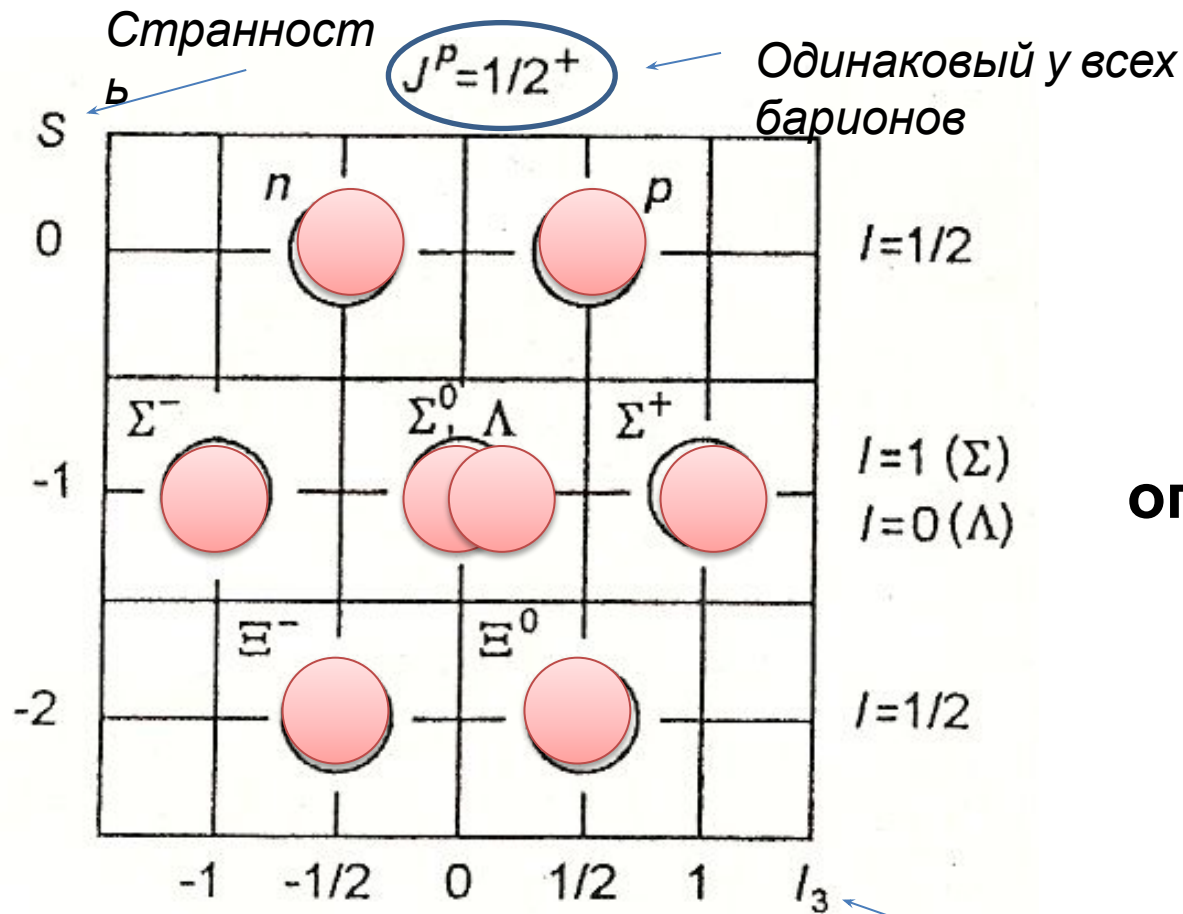


# Мезоны

Мезоны состоят из двух кварков (кварка и антикварка)



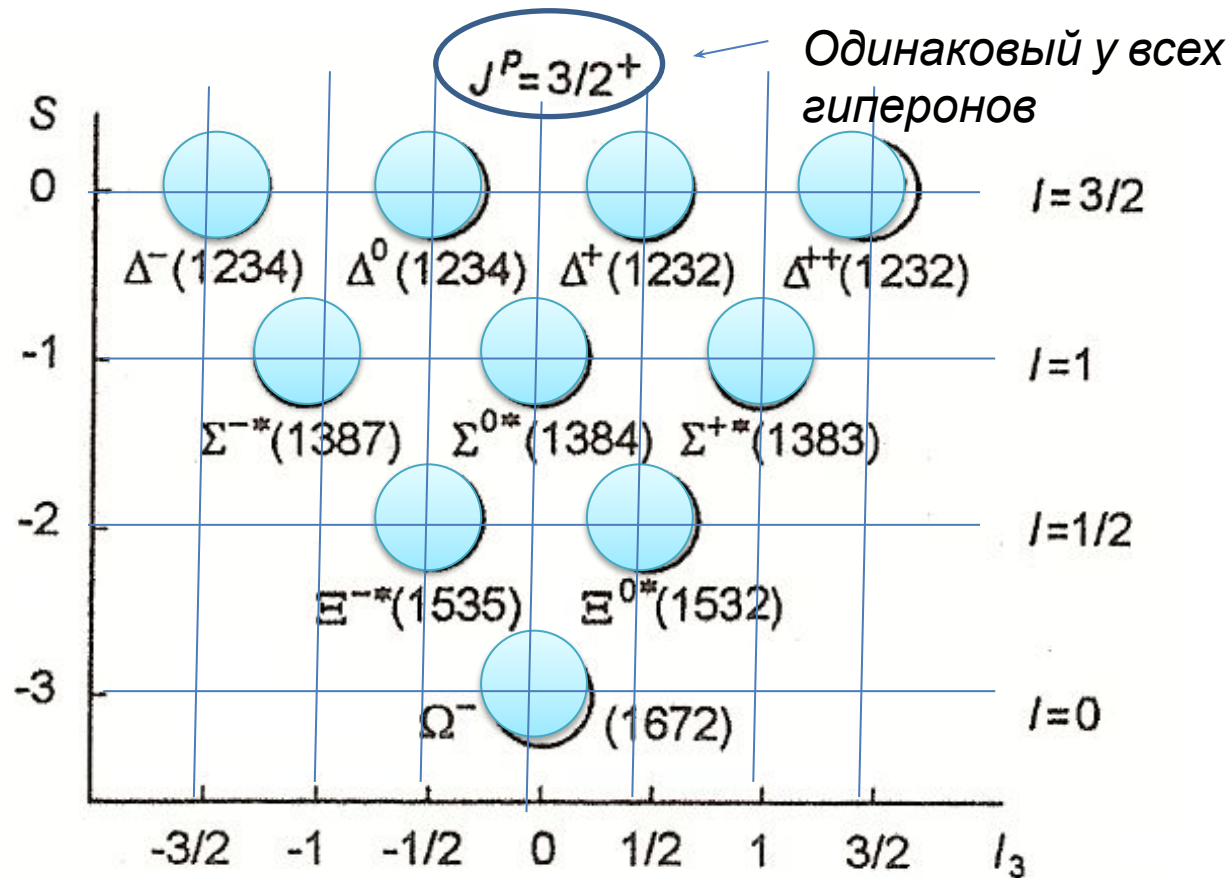
# Систематизация барионов



**Различие барионов определяется их составом**

Проекция спина

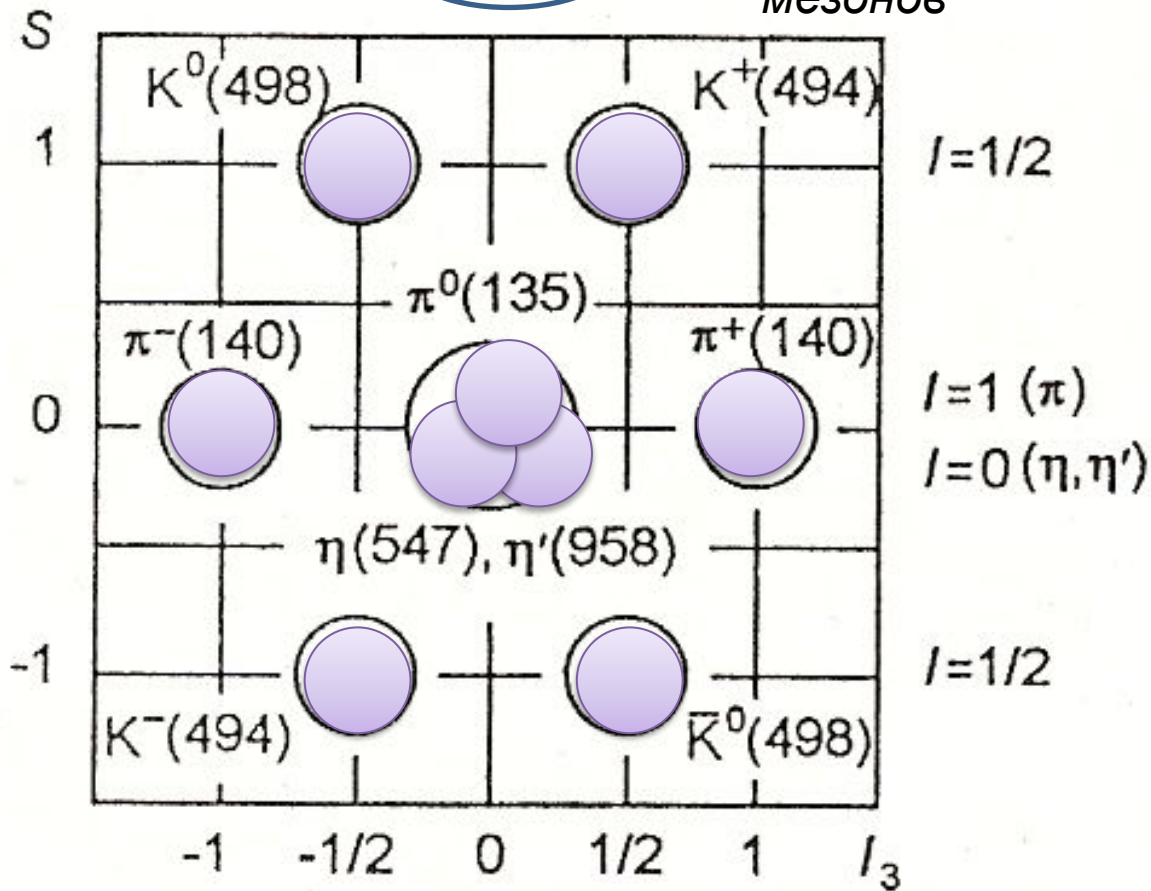
# Систематизация гиперонов



# Систематизация мезонов

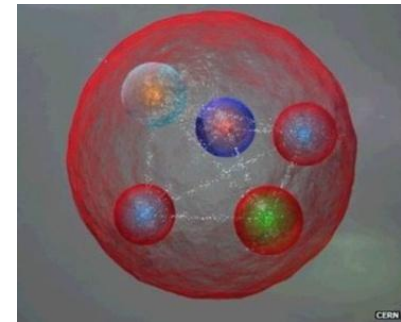
$$J^P = 0^-$$

← Одинаковый у всех мезонов



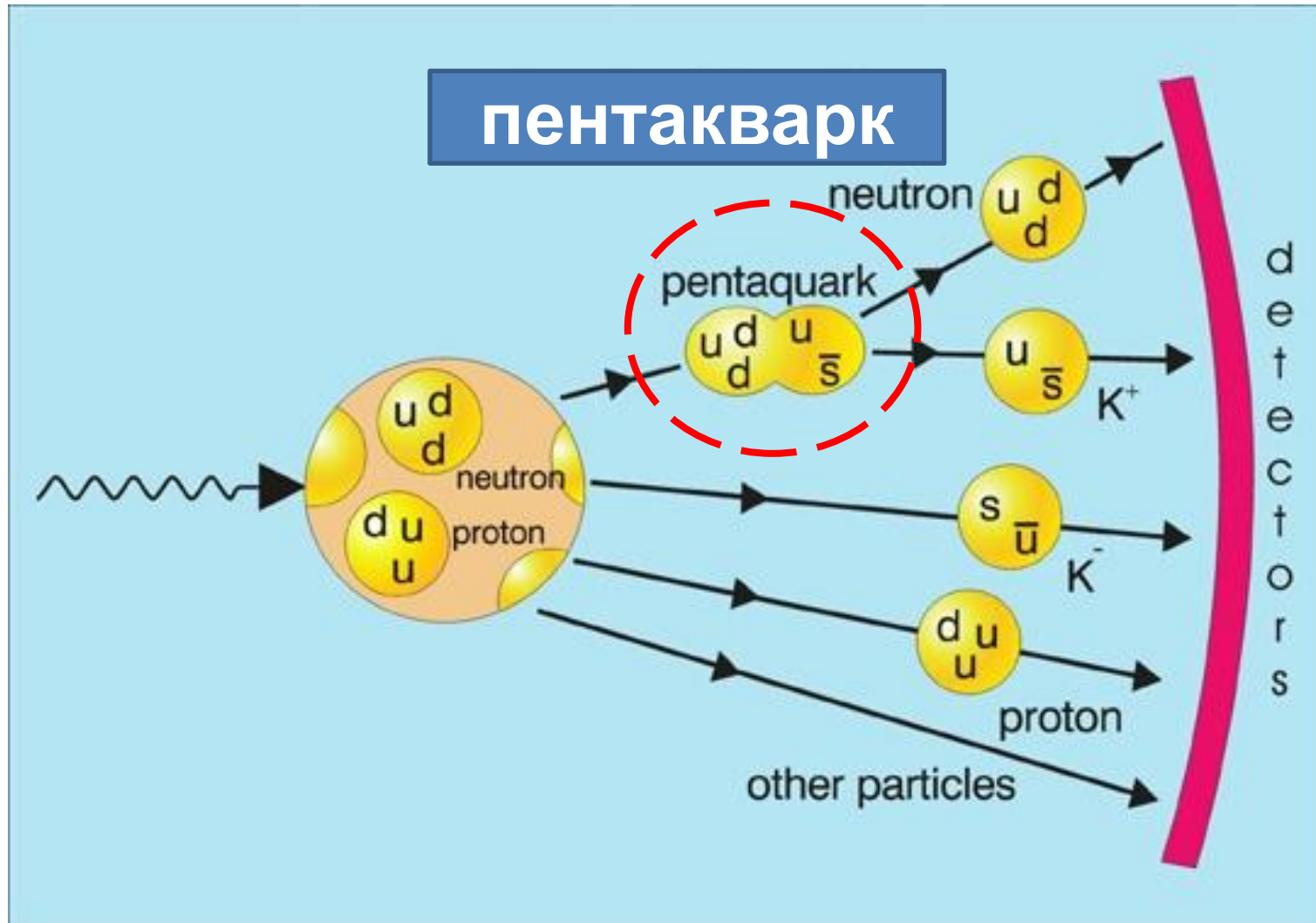
# Открытие пентакварка

**Пентакварк** – гипотетическая субатомная частица, состоящая из пяти кварков.



Несколько экспериментов 2003 года подтверждают, что обнаружен пентакварк массой приблизительно  $1540 \text{ МэВ}/c^2$ , которая состоит из двух «верхних», двух «нижних» кварков и одного «странного» антикварка (uudds)

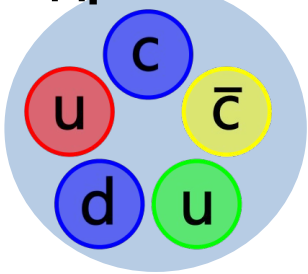
# Схема рождения пентакварка





# Открытия продолжаютя

14 июля 2015 г. учёные из коллаборации LHCb сообщили об открытии **пентакварков** в результате столкновений протонов при энергиях до восьми тераэлектронвольт на Большом адронном коллайдере.



*Состав: пять кварков (u,u,d,c,c)*

*Теоретически обоснована Мюрреем Гелл-Манном (1964)*

*Обнаружена на БАК (Большой адронный коллайдер) (2015)*

*Названа по количеству кварков в составе*

**Ведутся разговоры о возможном существовании частиц содержащих 4 кварка и 6 кварков.**

**Поиски продолжаютя.**



**Автор презентации «Кварки»  
Помаскин Юрий Иванович -  
- учитель физики,  
Почетный работник общего  
образования.  
Презентация может быть  
использована  
на уроках физики, астрономии и во  
внеклассной работе.**

Используемые

источники:

- 1) <http://elementy.ru/trefil/21196?context=20442>
- 2) <http://nuclphys.sinp.msu.ru/students/quarks/index.html>
- 3) [http://znaniya-sila.narod.ru/physics/physics\\_atom\\_04.htm](http://znaniya-sila.narod.ru/physics/physics_atom_04.htm)
- 4) <http://serg.fedosin.ru/qu.htm>
- 5) <http://www.hep.by/gnu/nuclphys/astro/astro02.htm>
- 6) <http://www.quickwiki.com/ru>