

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

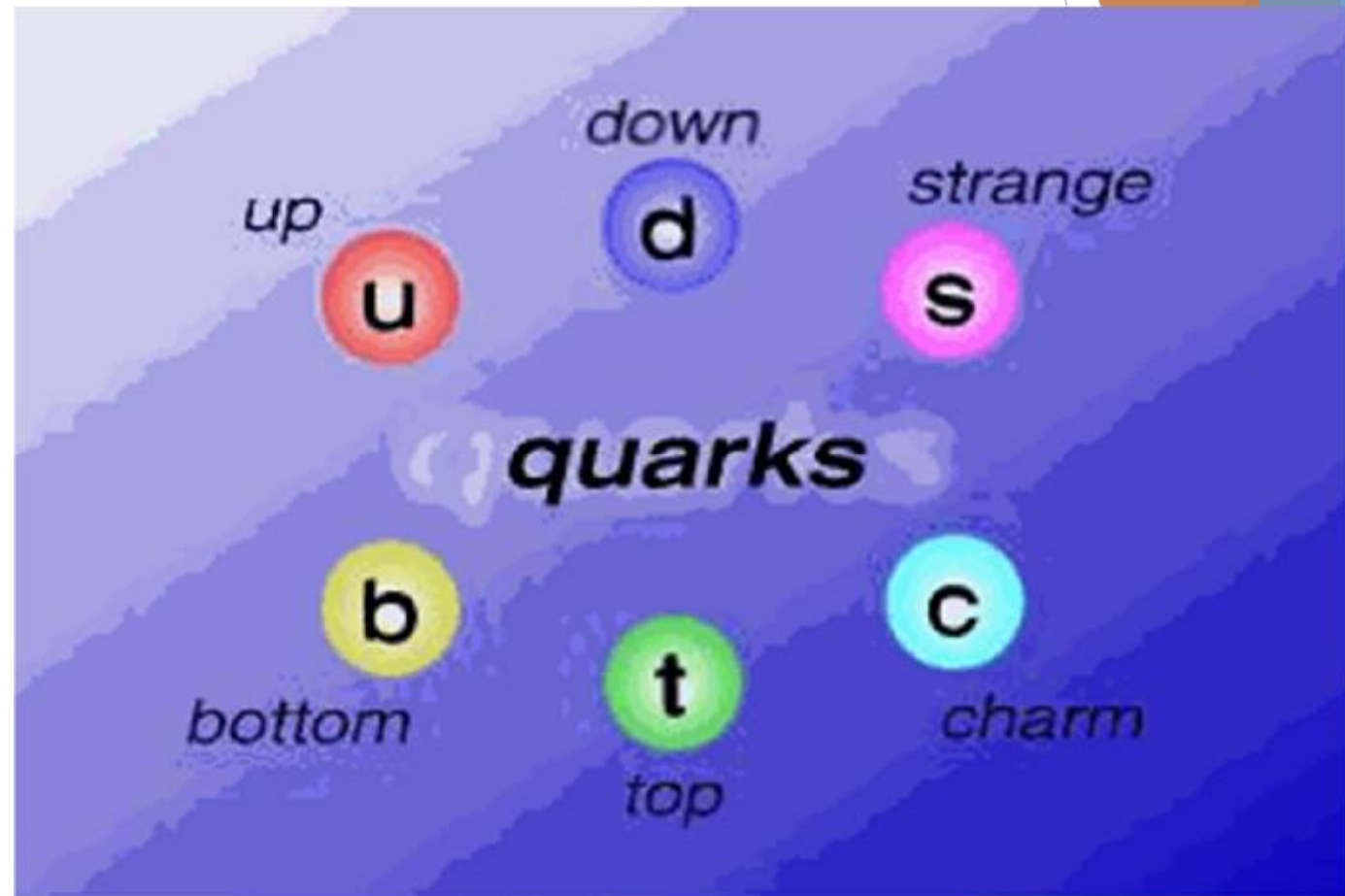
Глава 7. МИКРОМИР: КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОЙ
ФИЗИКИ

7.4. Кварковая МОДЕЛЬ адронов

- В 1964 г. американские физики-теоретики Джордж Цвейг и Мюррей Гелл-Манн выдвинули гипотезу о том, что адроны состоят из кварков («бесы»).
- В 1969 г. экспериментальное подтверждение кварковой структуры адронов пришло из Стэнфорда (в свободном состоянии кварки не обнаружены).



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



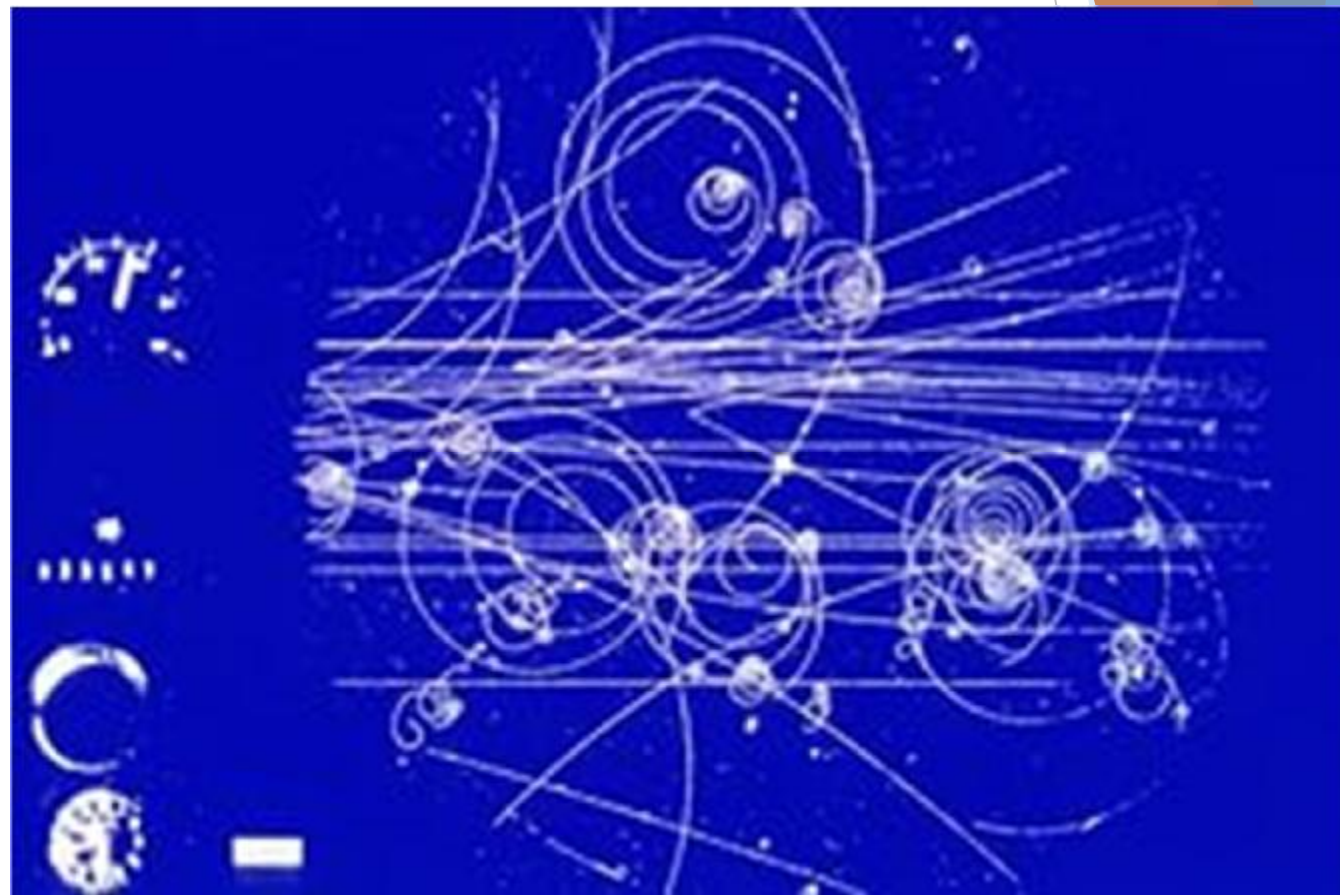
Тип	Аромат	
u	up	Верхний
d	down	Нижний
c	charm	Очарованный
s	strange	Странный
t	top (true)	Самый высокий (истинный)
b	bottom (beauty)	Самый низкий (красивый)

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 ²	I спин	I ₃ проекция спина	Q _q /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)

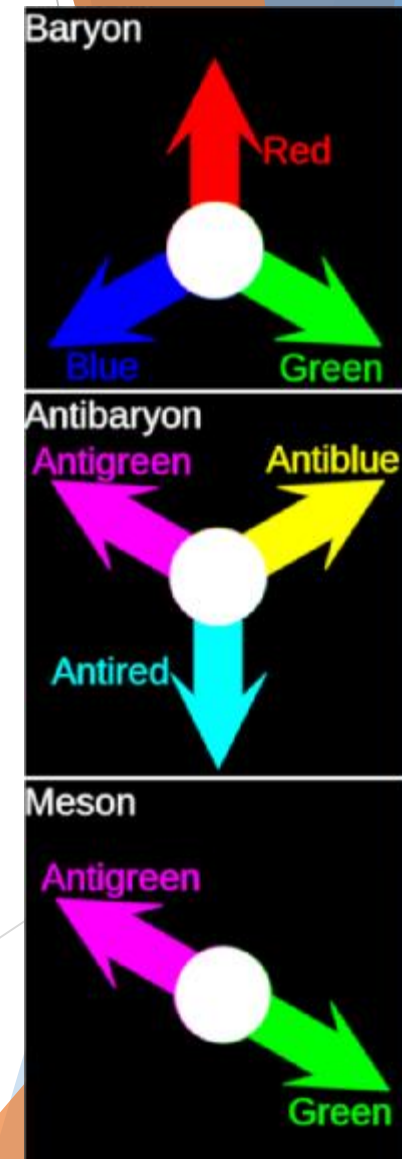
Кварки имеют дробный электрический заряд по отношению к элементарному заряду (к заряду электрона)

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)



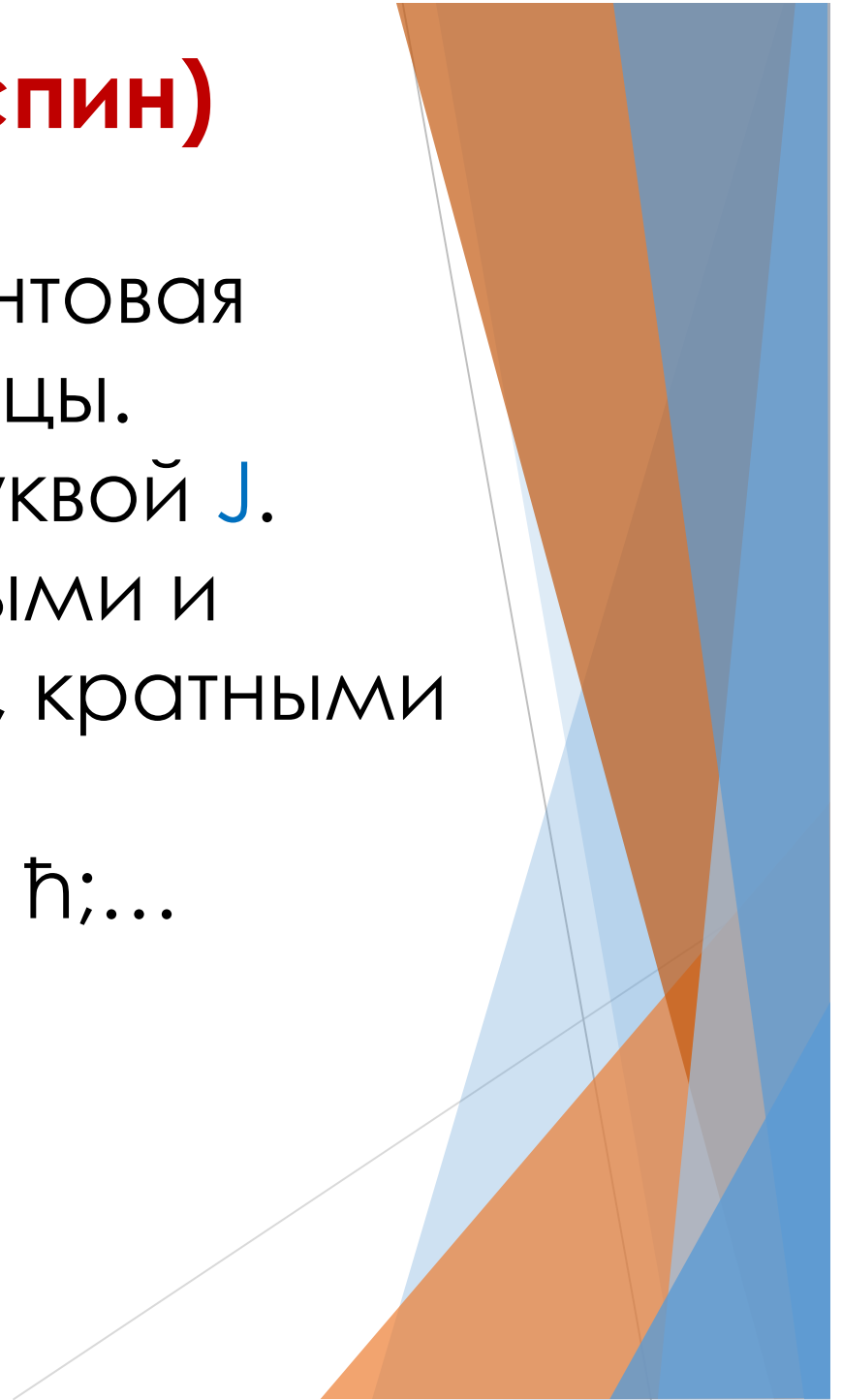
Свойства кварков (спин)

Спин – внутренняя квантовая характеристика частицы.

Спин обозначается буквой J .

Спин измеряется целыми и полуцелыми числами, кратными постоянной Планка

$$J = 0; 1/2 \hbar; 1 \hbar; 3/2 \hbar; 2 \hbar; \dots$$



Свойства кварков (спин)

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



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.

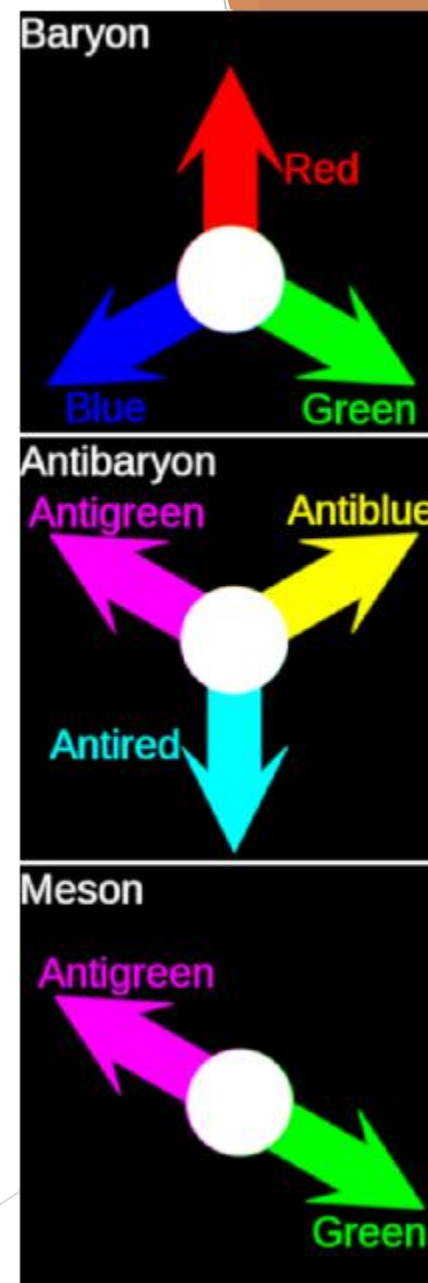
Бесцветная комбинация трех кварков
(красный+зеленый+синий)

Бесцветная комбинация двух кварков
(кварк+антикварк)

Свойства кварков (бесцветные комбинации)

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

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

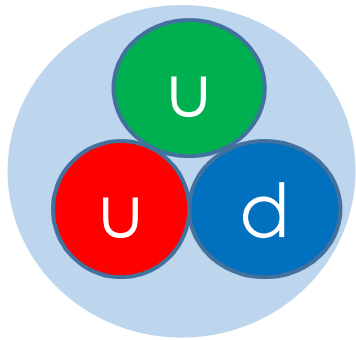


Согласно **стандартной модели** — лучшей на сегодняшний день теории строения материи, — **кварки**, объединяясь, образуют всё многообразие элементарных частиц, из которых, в свою очередь, состоят ядра атомов.

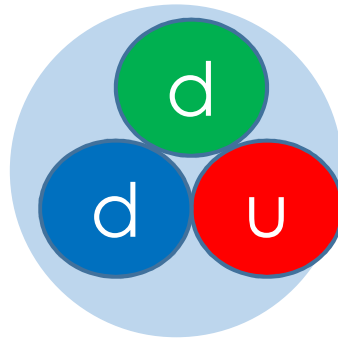


Строение барионов

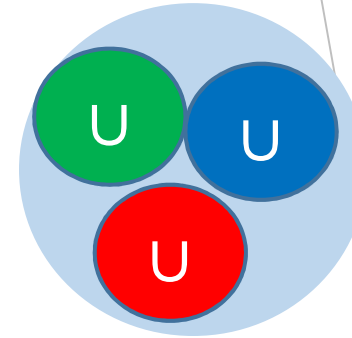
Барионы состоят из трех кварков



p - протон



n - нейтрон



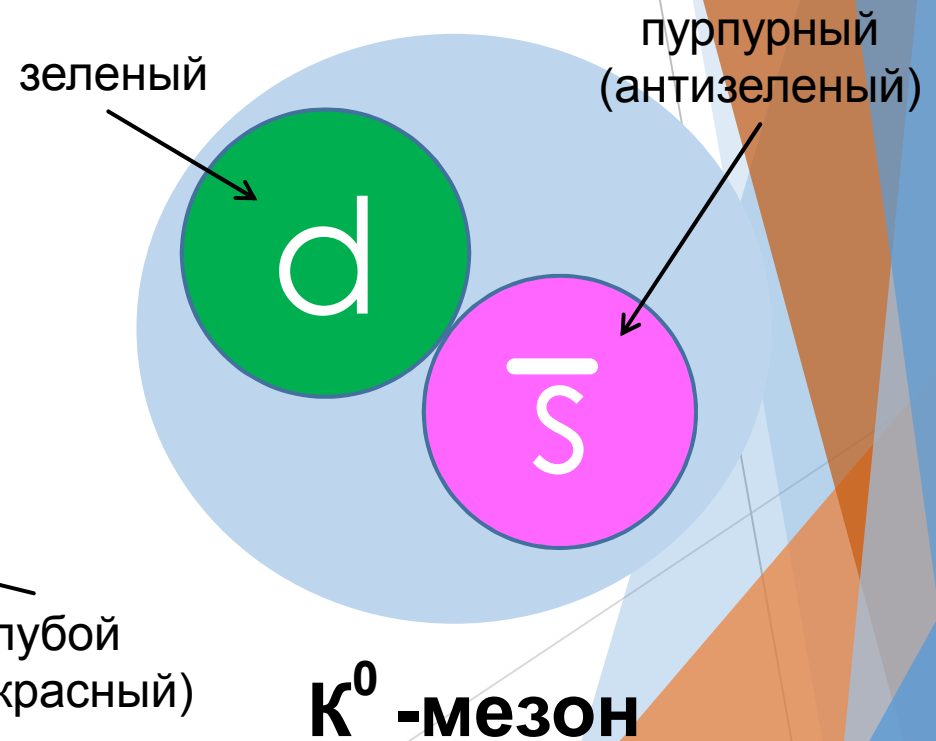
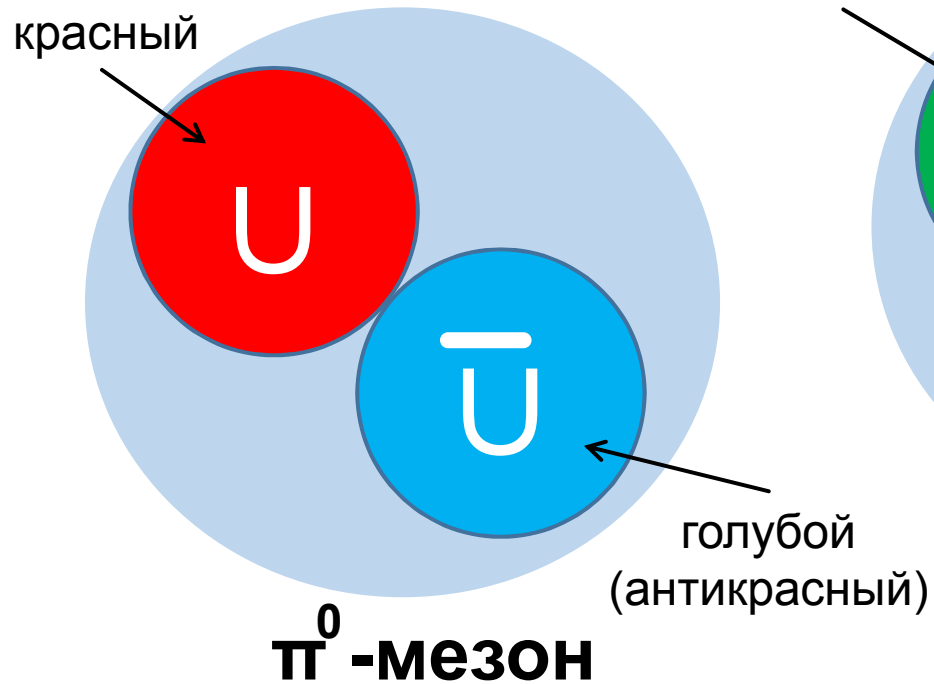
++ Δ - гиперон

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

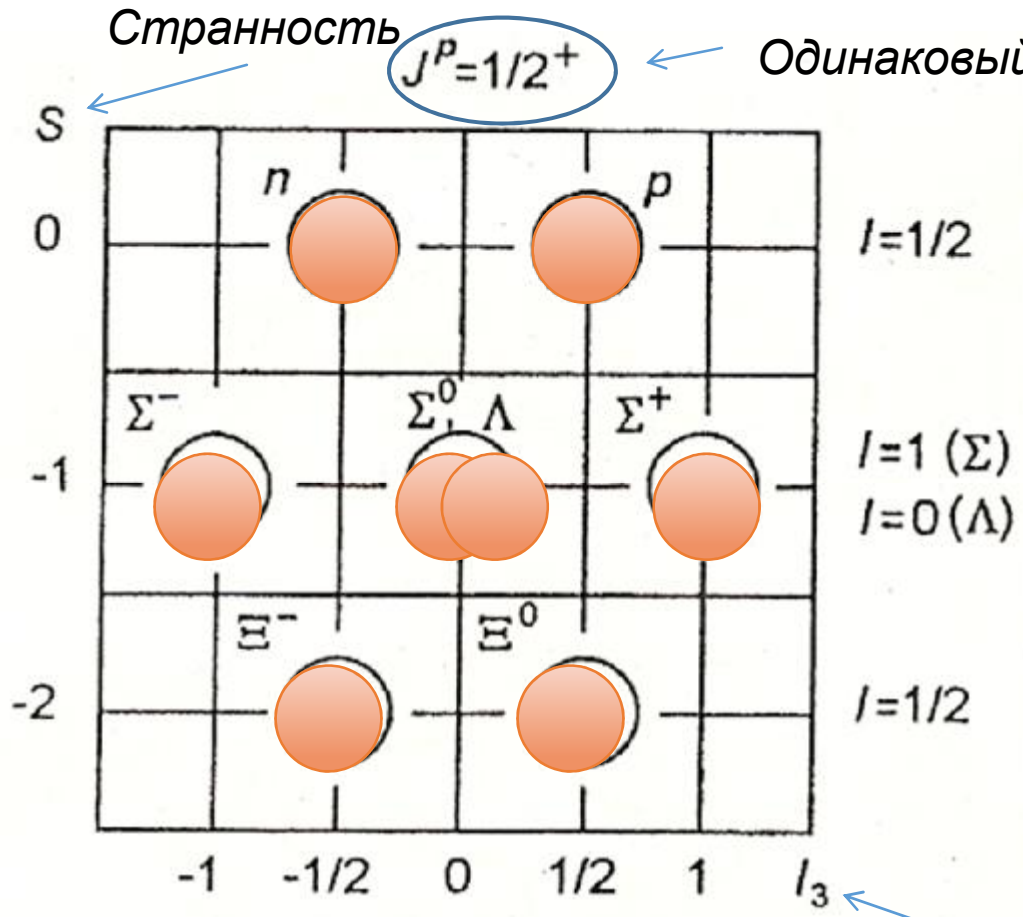
Заряд частицы определяется суммарным зарядом кварков

Мезоны

Мезоны состоят из двух кварков (кварка и антикварка)



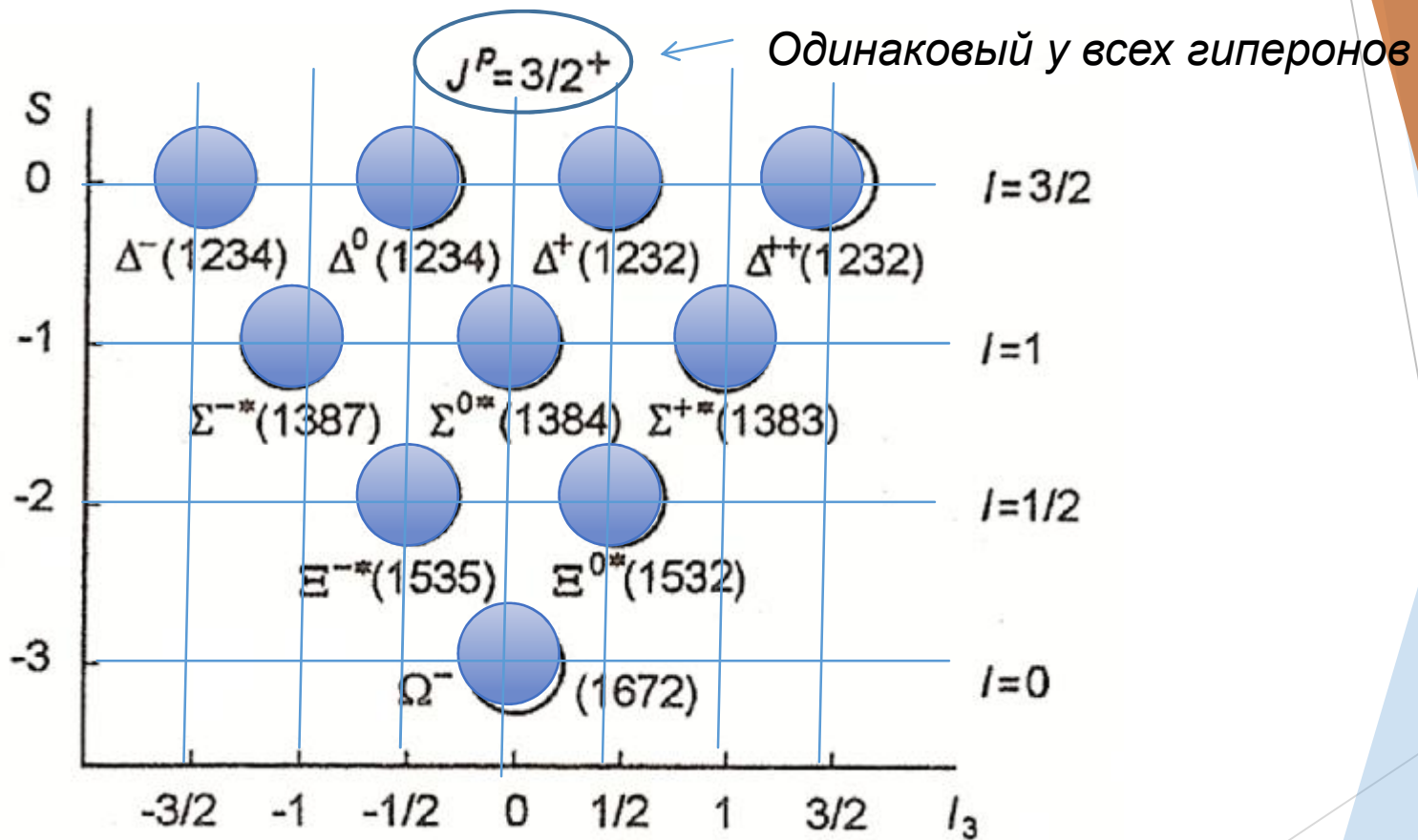
Систематизация барионов



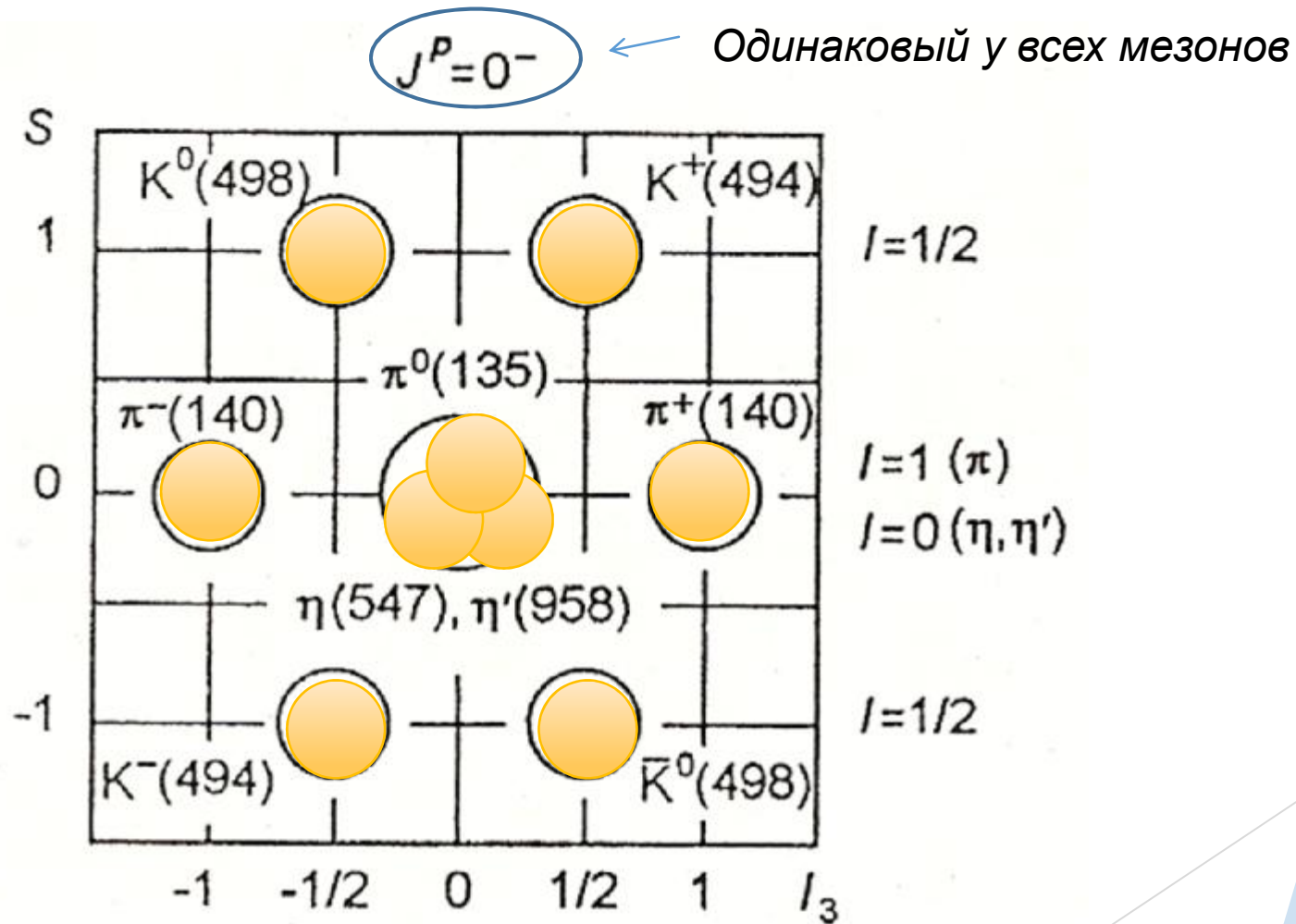
Различие барионов определяется их составом

← Проекция спина

Систематизация гиперонов



Систематизация мезонов



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)

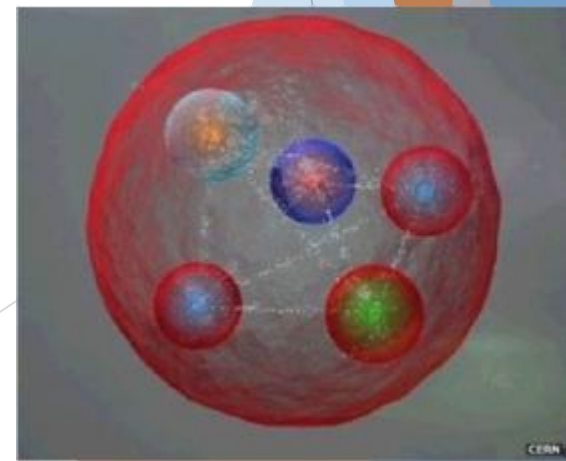
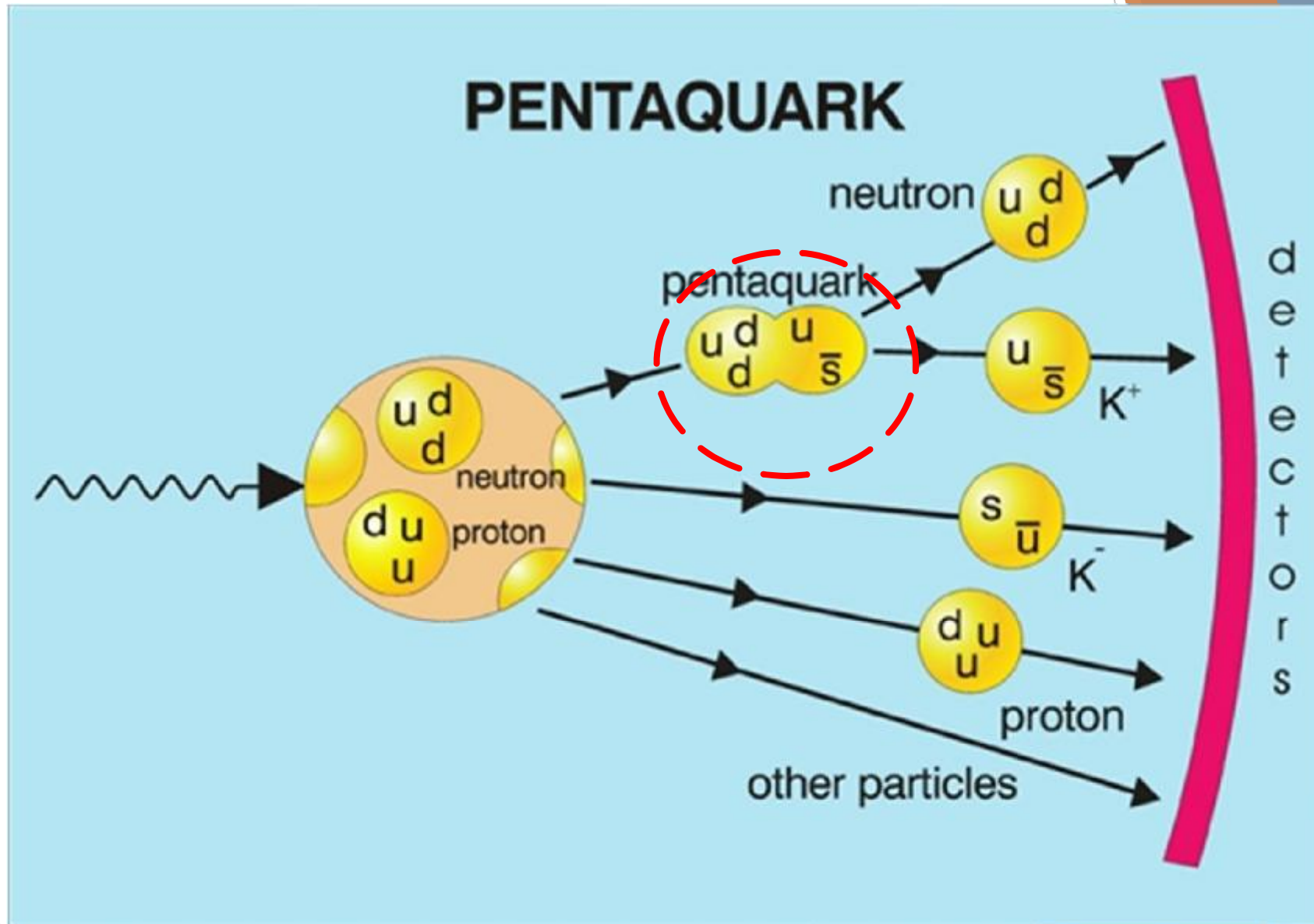


Схема рождения пентакварка



Открытия продолжаютс

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 (Пять кварков)

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

