

# Элементарная Вселенная

Богданова И.В.  
ГОУ СОШ №617  
2011

# Элементарные частицы

Составные  
(Адроны)

Мезоны

Барионы

Бесструктурные  
(Фундаментальные)

Лептоны

Кварки

Переносчики  
взаимодействий

# Фундаментальные частицы

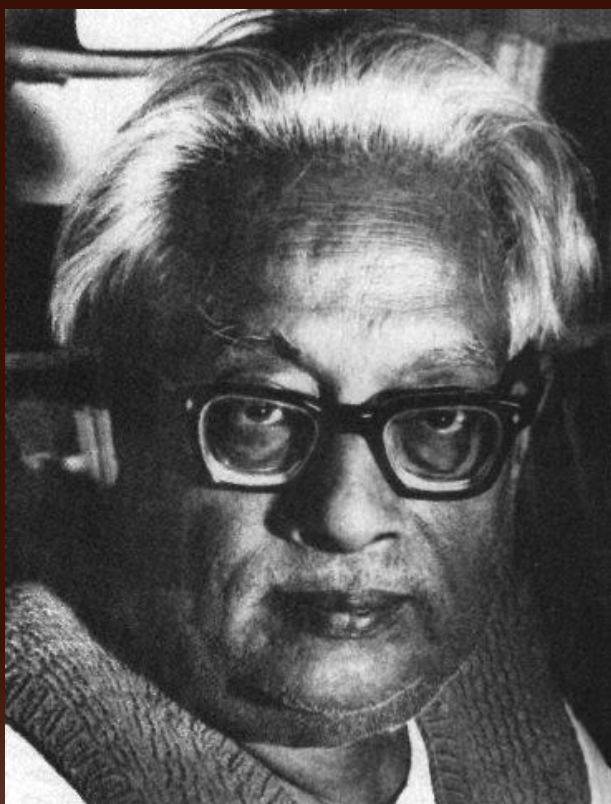
```
graph TD; A[Фундаментальные частицы] --> B[БОЗОНЫ  
(S=0; ħ; 2ħ; ...)]; A --> C[ФЕРМИОНЫ  
(S=ħ/2; 3ħ/2; ...)]; B --> D[Фотон (γ), π+ - мезон]; C --> E[Электрон (e), протон (p),  
нейтрон (n)];
```

**БОЗОНЫ**  
( $S=0; \hbar; 2\hbar; \dots$ )

Фотон ( $\gamma$ ),  $\pi^+$  - мезон

**ФЕРМИОНЫ**  
( $S=\hbar/2; 3\hbar/2; \dots$ )

Электрон ( $e$ ), протон ( $p$ ),  
нейтрон ( $n$ )



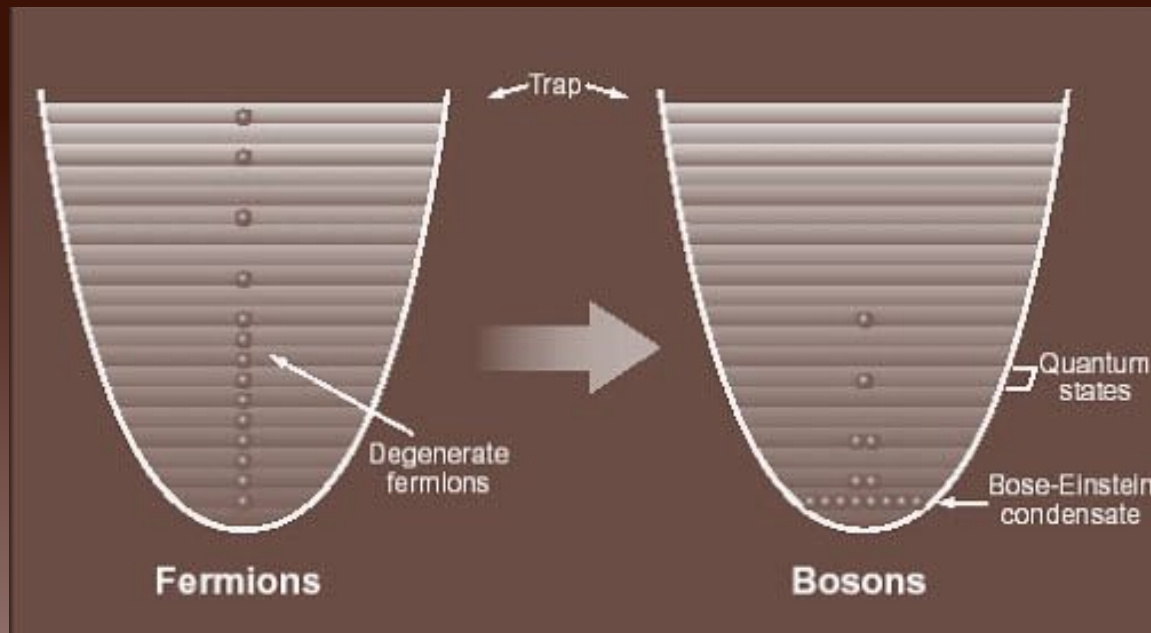
Шатъендранат Бозе,  
1894-1974,  
индийский физик



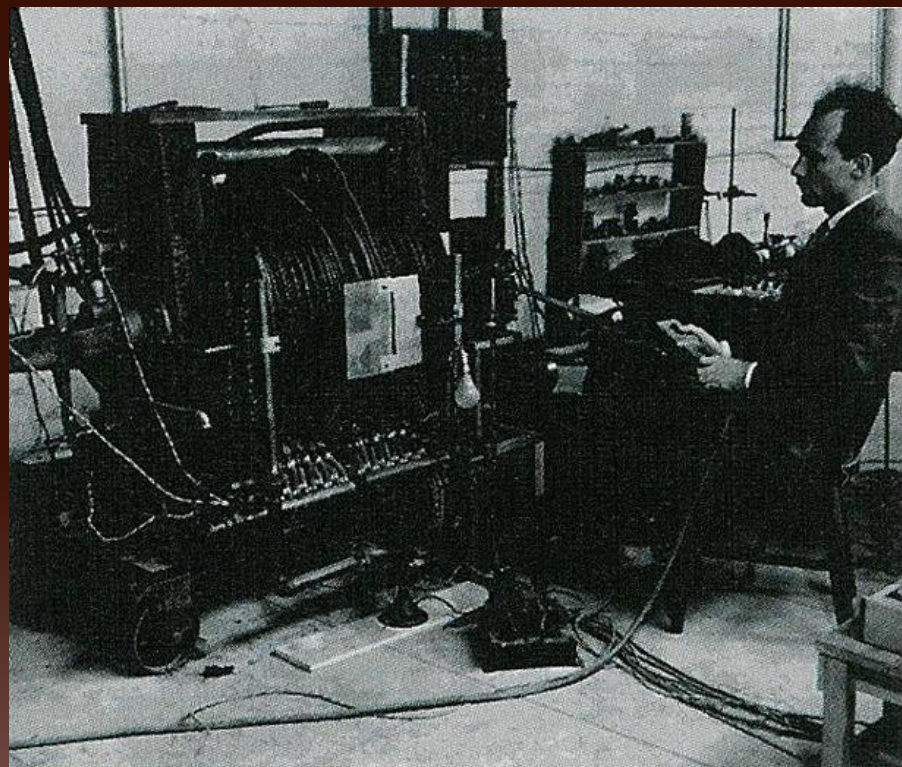
Энрико Ферми ,  
1901-1954,  
итальянский физик

# Принцип Паули

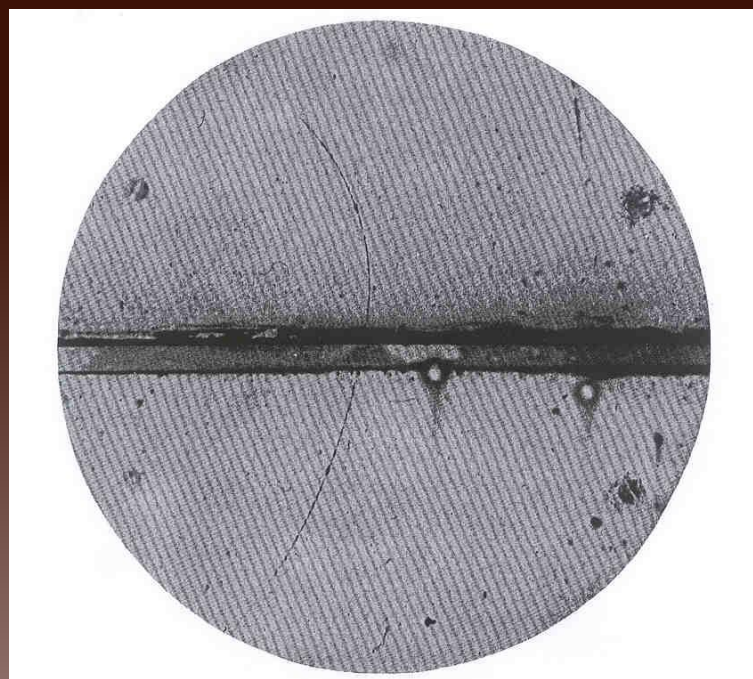
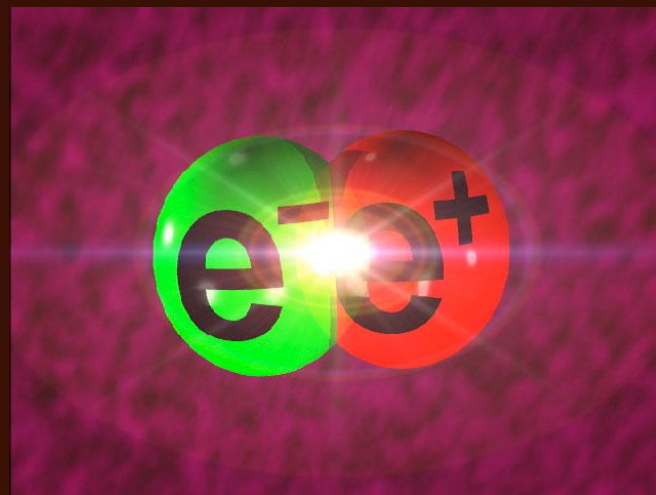
- В одном и том же энергетическом состоянии могут находиться не более двух фермионов с противоположными спинами



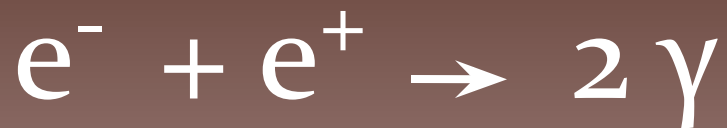
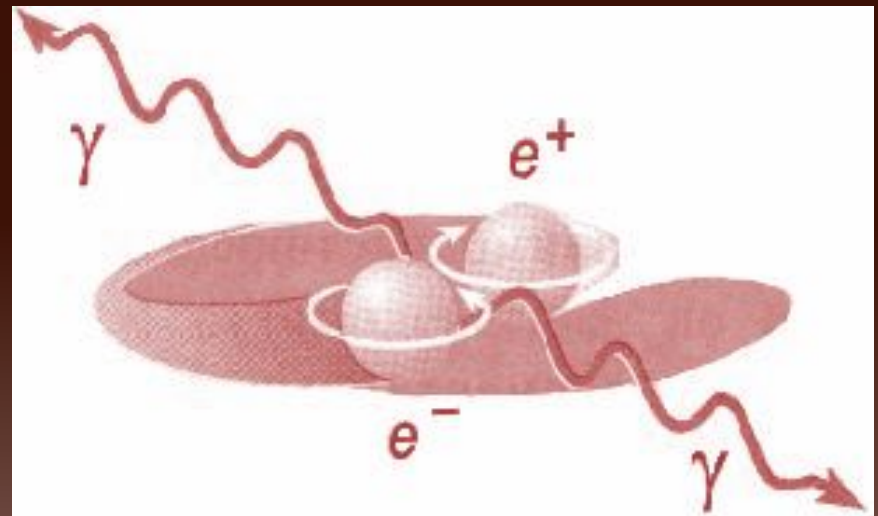
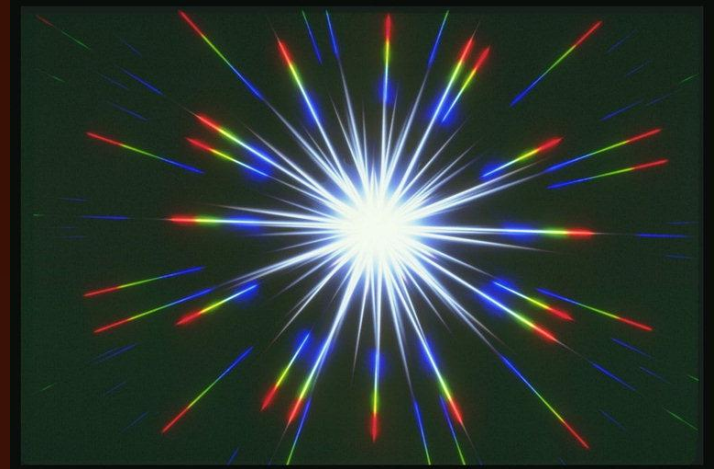
# Античастицы



Карл Андерсон, 1932 г.



# Аннигиляция



$$E = 2mc^2 = 1,02 \text{ МэВ}$$

# Характеристики лептонов

- Количество – 12

1. Электрон + электронное нейтрино

2. Мюон + мюонное нейтрино

3. Таон + таонное нейтрино

} 6

+6 античастиц

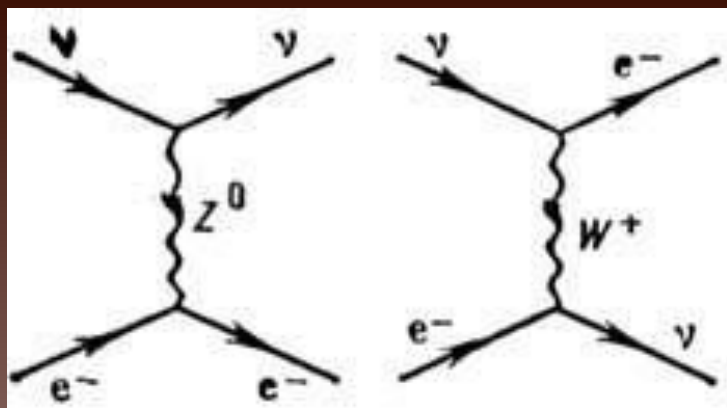




# Слабое взаимодействие

- Радиус взаимодействия  $10^{-18}$  м
- Переносчики взаимодействия:

1.  $W^-$
  2.  $W^+$
  3.  $Z^0$
- } векторные бозоны (вионы)



1956 г. Д. Швингер

1961 г. Ш. Глэшоу

Теоретически предсказали

$m \approx 200$  ГэВ

1983 г. К. Руббио и С. Ван дер Меер

Определили их массы экспериментально

# Открытие нейтрино

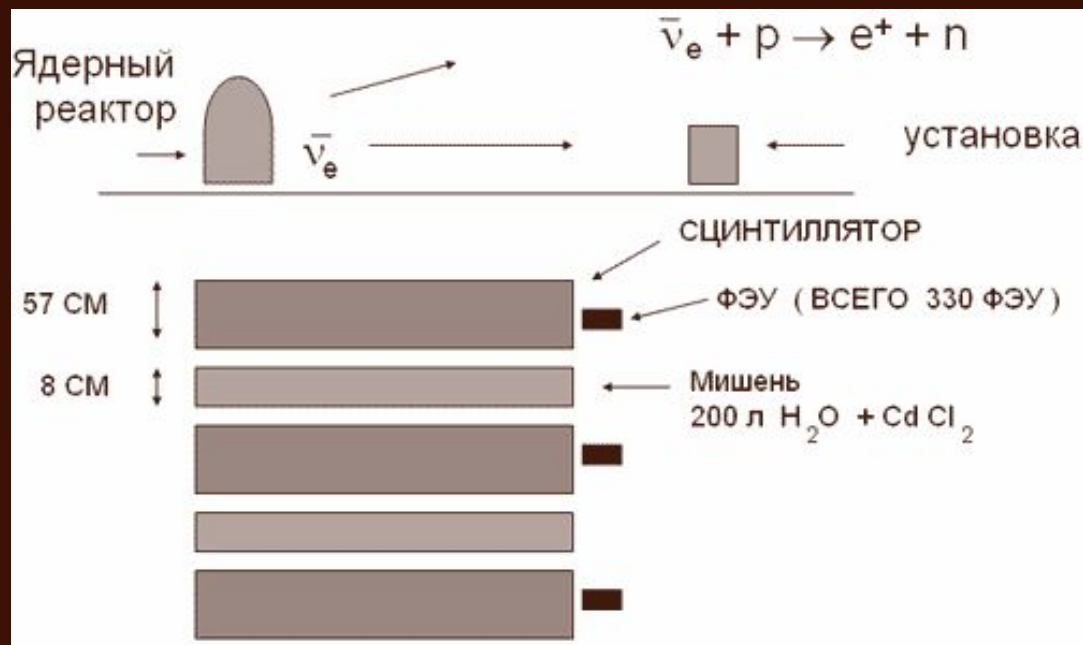
- 1930 г. В. Паули : «Закон сохранения энергии нарушается?»
- $n \rightarrow p + e^- + ?$  «нейтрон»
- 1932 г. Э.Ферми - «нейтрино» -  ${}^0_0\nu$
- Свойства нейтрино
  1. Электрический заряд равен 0
  2. Масса составляет менее 1/20 000 массы электрона
  3. Участвует в слабом взаимодействии
  4. Длина свободного пробега  $10^{19}$  м (1000 св.лет)
  5. Спин направлен противоположно скорости движения





Ф.Райнес и Ч.Коуэн в 1956 году

В качестве источника нейтрино Райнес и Коуэн использовали ядерный реактор – самый мощный источник нейтрино на Земле. Использовалась реакция обратного  $\beta$ -распада, в результате которой рождается позитрон и нейтрон.



Установка состояла из двух полиэтиленовых баков с водой, объемом по 200 л. В воду добавлялась соль кадмия для увеличения эффективности захвата нейтрона.

Гамма-кванты, образуемые при аннигиляции позитрона и после захвата нейтрона регистрировались в резервуарах, наполненных жидким **сцинтиллятором**. Установка была окружена защитой из парафина и свинца.

# Классификация адронов

**Адроны**

```
graph TD; A[Адроны] --> B[Мезоны]; A --> C[Барионы];
```

**Мезоны**

Бозоны, участвующие в  
сильном  
взаимодействии

**Барионы**

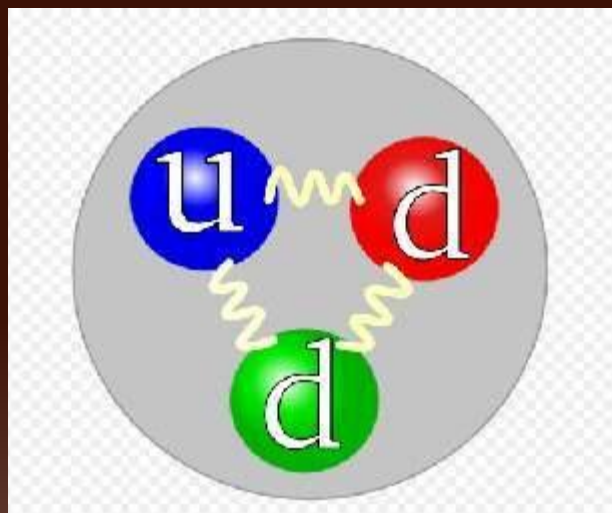
Фермионы, участвующие в  
сильном взаимодействии

# Структура адронов

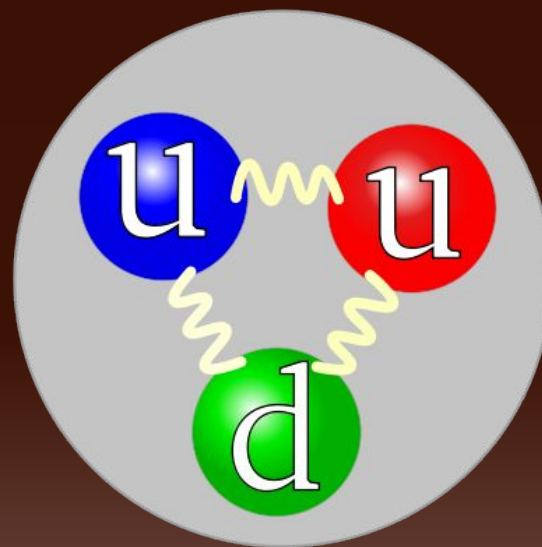


- 1963 г. М. Геллман и Д.Цвейг
- Гипотеза : «Нуклоны состоят из 3 электрически заряженных частиц - кварков»
- 1969 г. экспериментальное подтверждение кварковой структуры нуклонов

# Нейтрон



# Протон





# Характеристики кварков

- Относятся к фермионам ( $s = 1/2$ )
- Электрические заряды  $q = +2/3 e$  (u – кварк) и  $q = -1/3 e$  (d – кварк)
- Масса кварков  $m = 1/3 m_p$
- Барионный заряд – свойство частиц участвовать в сильном взаимодействии
  1. Для барионов  $B = 1$  или  $B = 1/3$  для кварков или  $B = A$  для ядер атомов
  2. Для антибарионов  $B = -1$
  3. Для не барионов  $B = 0$
- $n \longrightarrow p + e^- + \overset{0}{\underset{0}{\nu}} \tilde{\nu}$  ( $1=1+0+0$ ) – верное равенство
- Закон сохранения барионного заряда

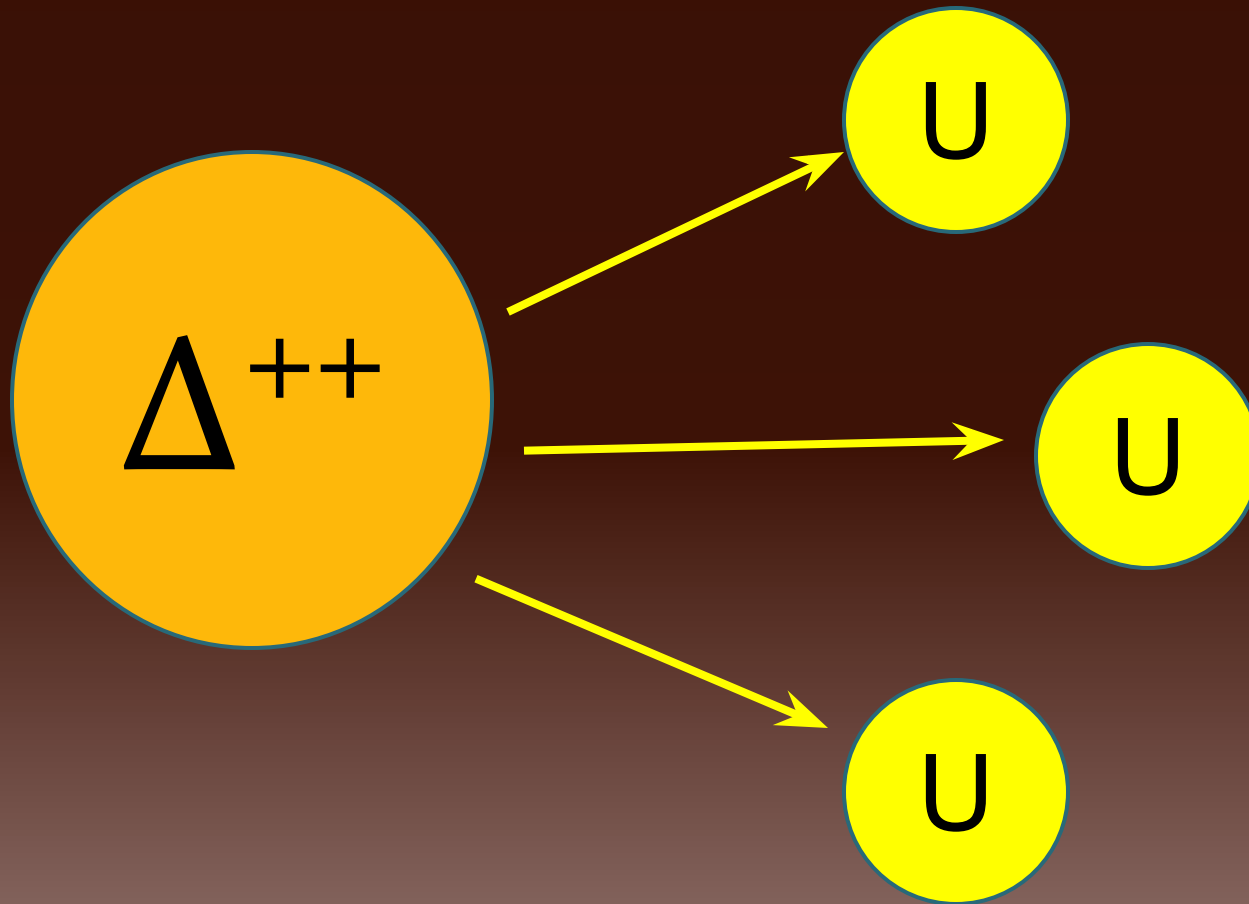
# Ароматы кварков

Кварк $s = \frac{1}{2}$	q	B	Антикварк $s = -\frac{1}{2}$	q	B
u, c, t	$+\frac{2}{3} e$	$\frac{1}{3}$	$\tilde{u}, \tilde{c}, \tilde{t}$	$-\frac{2}{3} e$	$-\frac{1}{3}$
d, s, b	$-\frac{1}{3} e$	$\frac{1}{3}$	$\tilde{d}, \tilde{s}, \tilde{b}$	$+\frac{1}{3} e$	$-\frac{1}{3}$

# Структура мезонов

- Состоят из 2 кварков: кварка и антикварка
- У мезона  $s=0$ 
  - У кварка  $s = 1/2$ , у антикварка  $s = -1/2$

# Взаимодействие кварков



# Цветовой заряд

- Характеристика взаимодействия кварков
- Три типа цветового заряда
  1. Красный
  2. Синий
  3. Зелёный
- Цветовой заряд адронов равен 0 – (адроны бесцветны)
- Антикварки имеют антицвет – антикрасный, антисиний, антизелёный
- Полное число кварков - 36

# Свойства кварков

- $\frac{1}{3}$
- $+\frac{2}{3} e$
- красный

- синий

- $-\frac{1}{3} e$
- зелёный

- Барионный заряд
- Электрический заряд
- Цветовой заряд

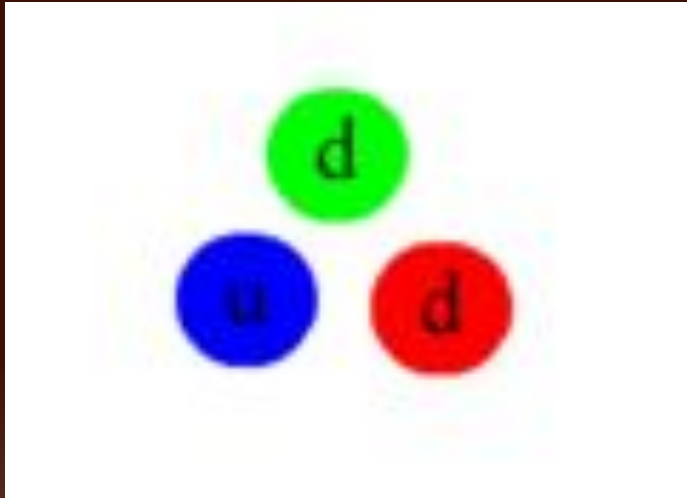
# Фундаментальные частицы

Бозоны	Фермионы			
Переносчики взаимодействий	Лептоны		Кварки	
	$q=-1$	$q=0$	$q=+2/3$	$q=-1/3$
Фотон (1)	Электрон	Электронное нейтрино	u	d
Гравитон (1)	Мюон	Мюонное нейтрино	c	s
Глюон (8)	Таон	Таонное нейтрино	t	b
Вион (3)				
Всего 13	Всего 12		Всего 36	
	Итого 48			

# Взаимодействие кварков

- Участвуют в сильном взаимодействии
- Переносчик взаимодействия кварков – глюон
- Глюон переносит цветовой заряд цвет-антицвет
- Количество глюонов –  $8 = 6(\text{цв}) + 2(\text{бесцв})$   
(красный-антисиний, красный-антизелёный, синий-антикрасный, синий-антизелёный, зелёный-антикрасный, зелёный-антисиний)

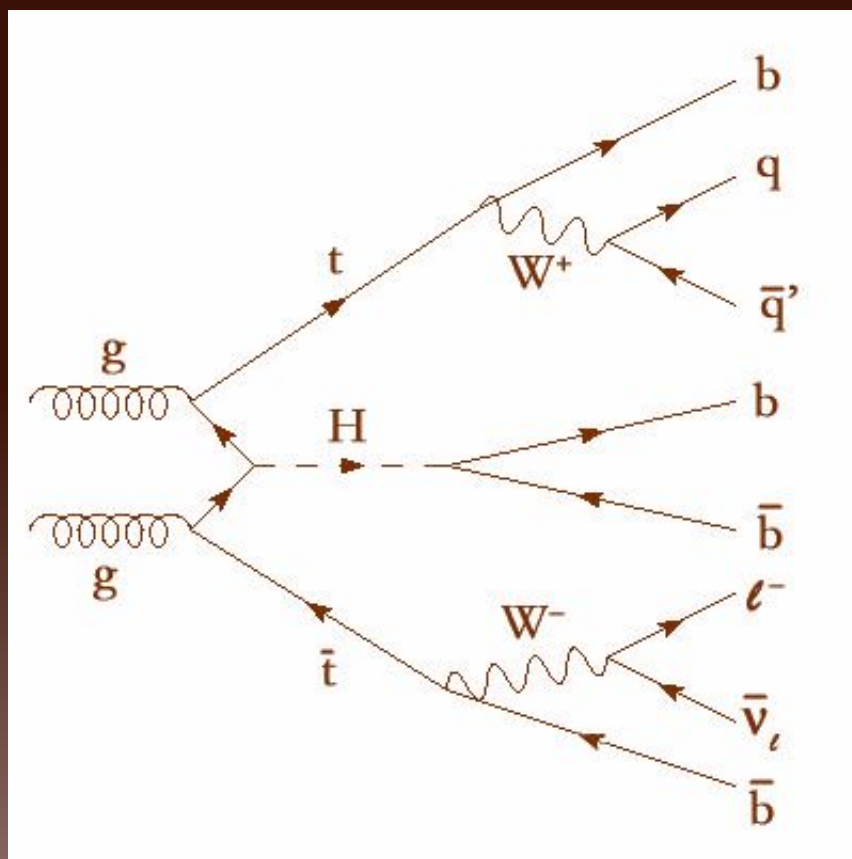




# Особенности взаимодействия кварков

- При **сильном** взаимодействии поглощение и излучение глюона изменяет **цвет**, но **не аромат** кварка
- При **слабом** взаимодействии изменяется **аромат** кварка (нейтрон превращается в протон), но **цветовой заряд** кварка **не** изменяется

# Бозон Хиггса – «частица Бога»



# Большой адронный коллайдер



Большой адронный коллайдер – крупнейшая в мире установка для ускорения, накопления и столкновения пучков частиц сверхвысоких энергий .

Длина вакуумного кольца, в котором будут ускоряться частицы, - 27 км

Индукция магнитного поля, удерживающего частицы внутри кольца, - 10Тл

Температура внутри кольца –  $-271^{\circ}\text{C}$

Сила тока в сверхпроводящем кабеле – 1, 8 млн. А

<http://www.youtube.com/watch?v=ABVQoSPAoiE>

# Использованные ресурсы:

- <http://www.youtube.com/watch?v=ABVQoSRAoiE>
- Рисунки из Интернета
- Учебник В. А. Касьянова «Физика. 11 класс»