

Элементарная Вселенная

Богданова И.В.
ГОУ СОШ №617
2011

Элементарные частицы

Составные
(Адроны)

Мезоны

Барионы

Бесструктурные
(Фундаментальные)

Лептоны

Кварки

Переносчики
взаимодействий

Фундаментальные частицы

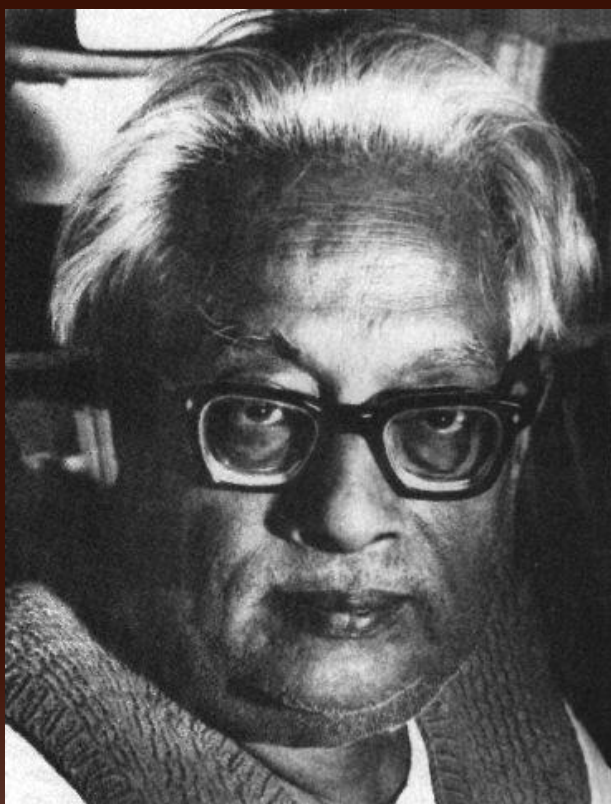
```
graph TD; A[Фундаментальные частицы] --> B[БОЗОНЫ  
(S=0; ħ; 2ħ; ...)]; A --> C[ФЕРМИОНЫ  
(S=ħ/2; 3ħ/2; ...)]; B --> D[Фотон (γ), π+ - мезон]; C --> E[Электрон (e), протон (p),  
нейтрон (n)];
```

БОЗОНЫ
($S=0$; \hbar ; $2\hbar$; ...)

Фотон (γ), π^+ - мезон

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

Электрон (e), протон (p),
нейтрон (n)



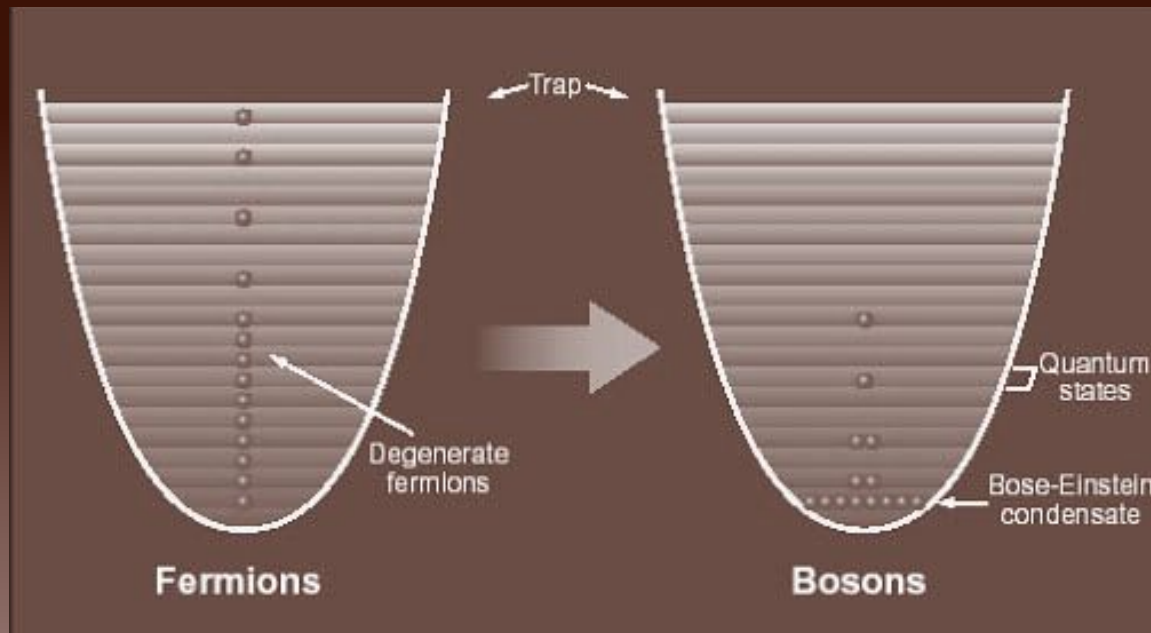
Шатъендранат Бозе,
1894-1974,
индийский физик



Энрико Ферми ,
1901-1954,
итальянский физик

Принцип Паули

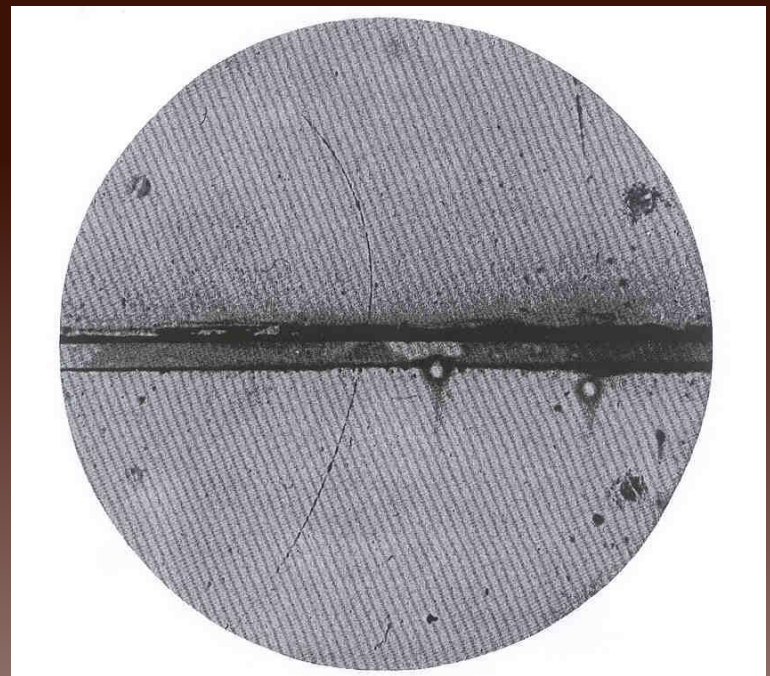
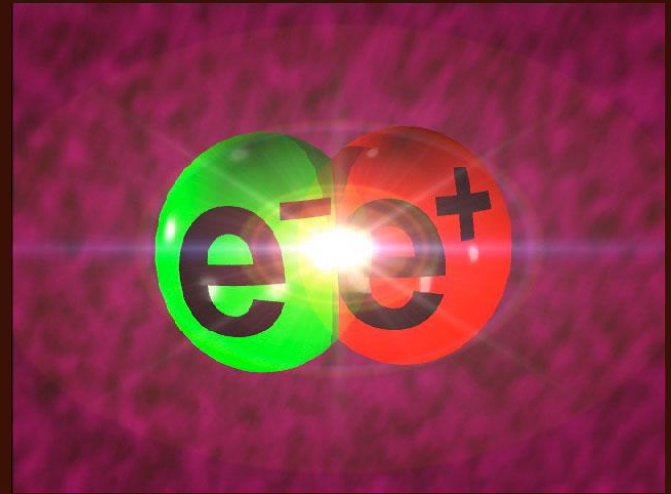
- В одном и том же энергетическом состоянии могут находиться не более двух фермионов с противоположными спинами



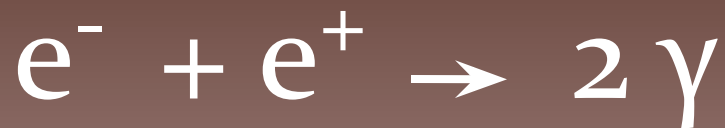
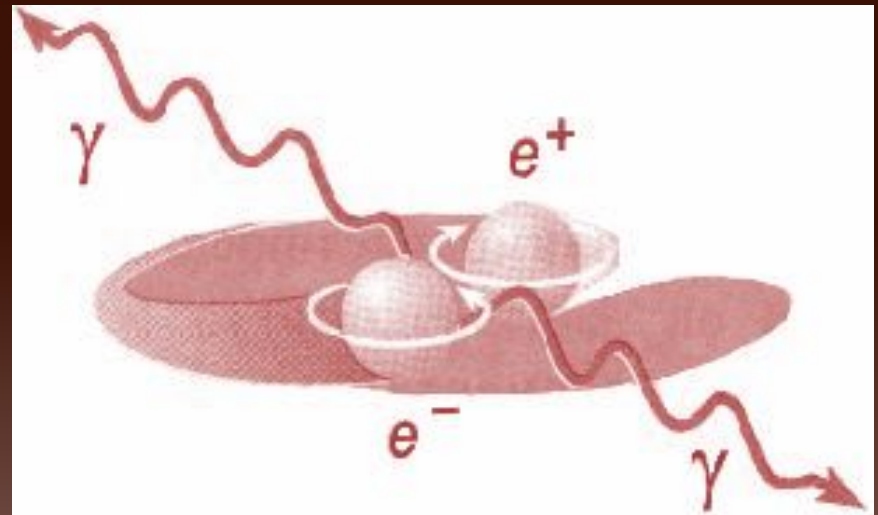
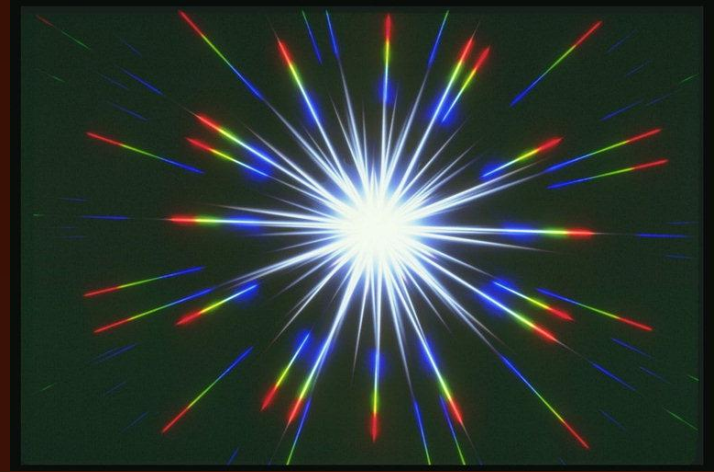
Античастицы



Карл Андерсон, 1932 г.



Аннигиляция



$$E = 2mc^2 = 1,02 \text{ МэВ}$$

Характеристики лептонов

- Количество – 12

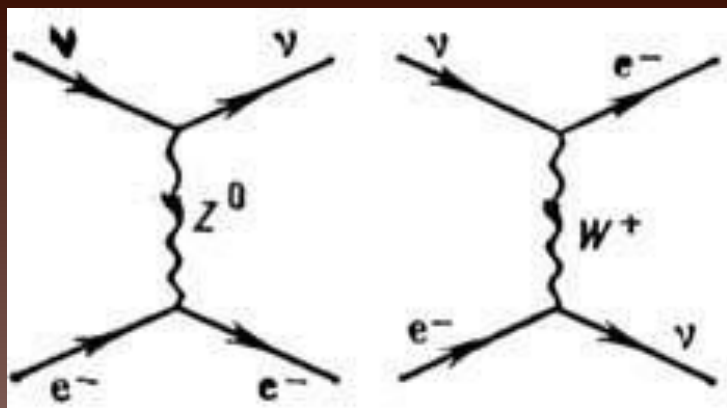
1. Электрон + электронное нейтрино
2. Мюон + мюонное нейтрино
3. Таон + таонное нейтрино

} 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

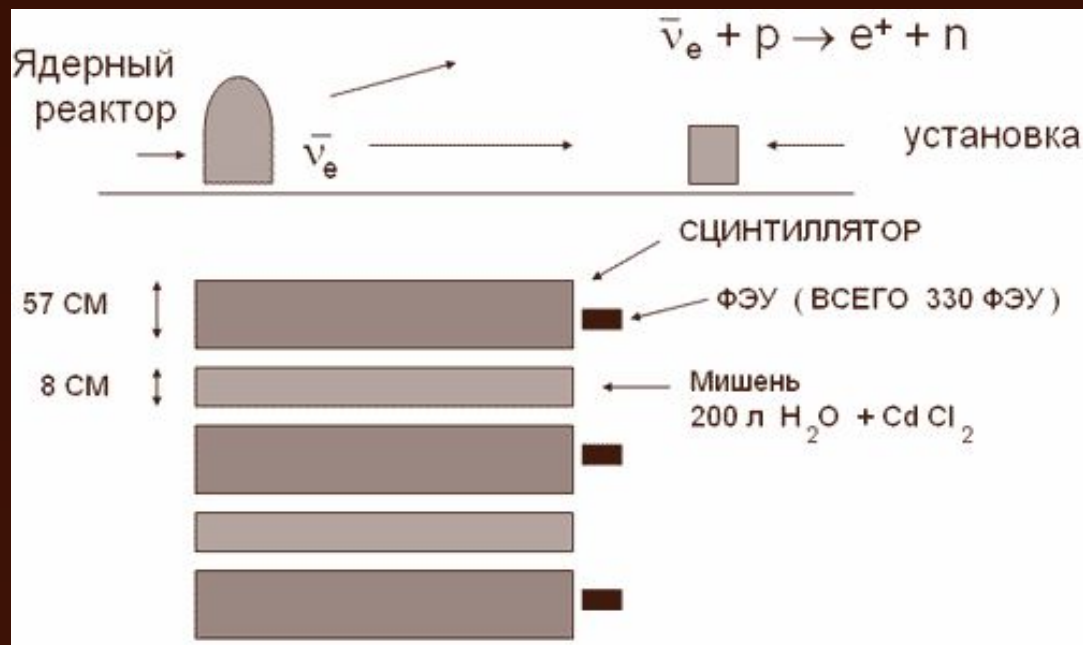
- 1930 г. В. Паули : «Закон сохранения энергии нарушается?»
- $n \rightarrow p + e^- + ?$ «нейтрон»
- 1932 г. Э.Ферми - «нейтрино» - ${}^0_0\nu$
- Свойства нейтрино
 1. Электрический заряд равен 0
 2. Масса составляет менее 1/20 000 массы электрона
 3. Участвует в слабом взаимодействии
 4. Длина свободного 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 β -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

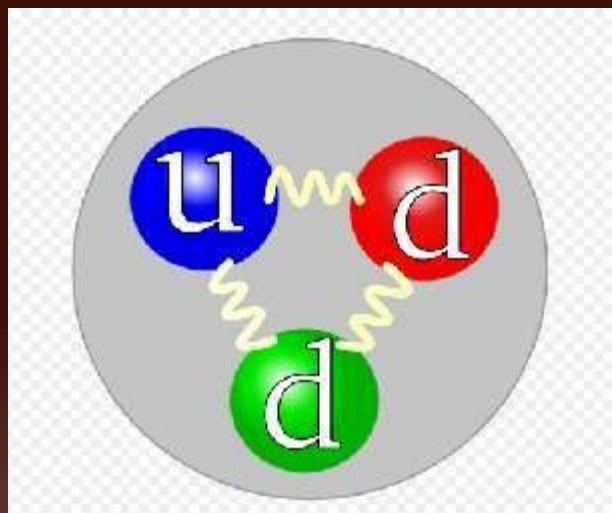
Фермионы, участвующие в
сильном взаимодействии

Структура адронов

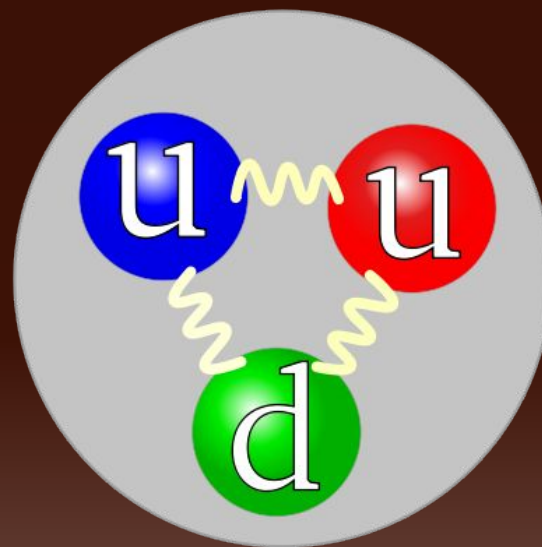


- 1963 г. М. Геллман и Д.Цвейг
- Гипотеза : «Нуклоны состоят из 3 электрически заряженных частиц - кварков»
- 1969 г. экспериментальное подтверждение кварковой структуры нуклонов

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

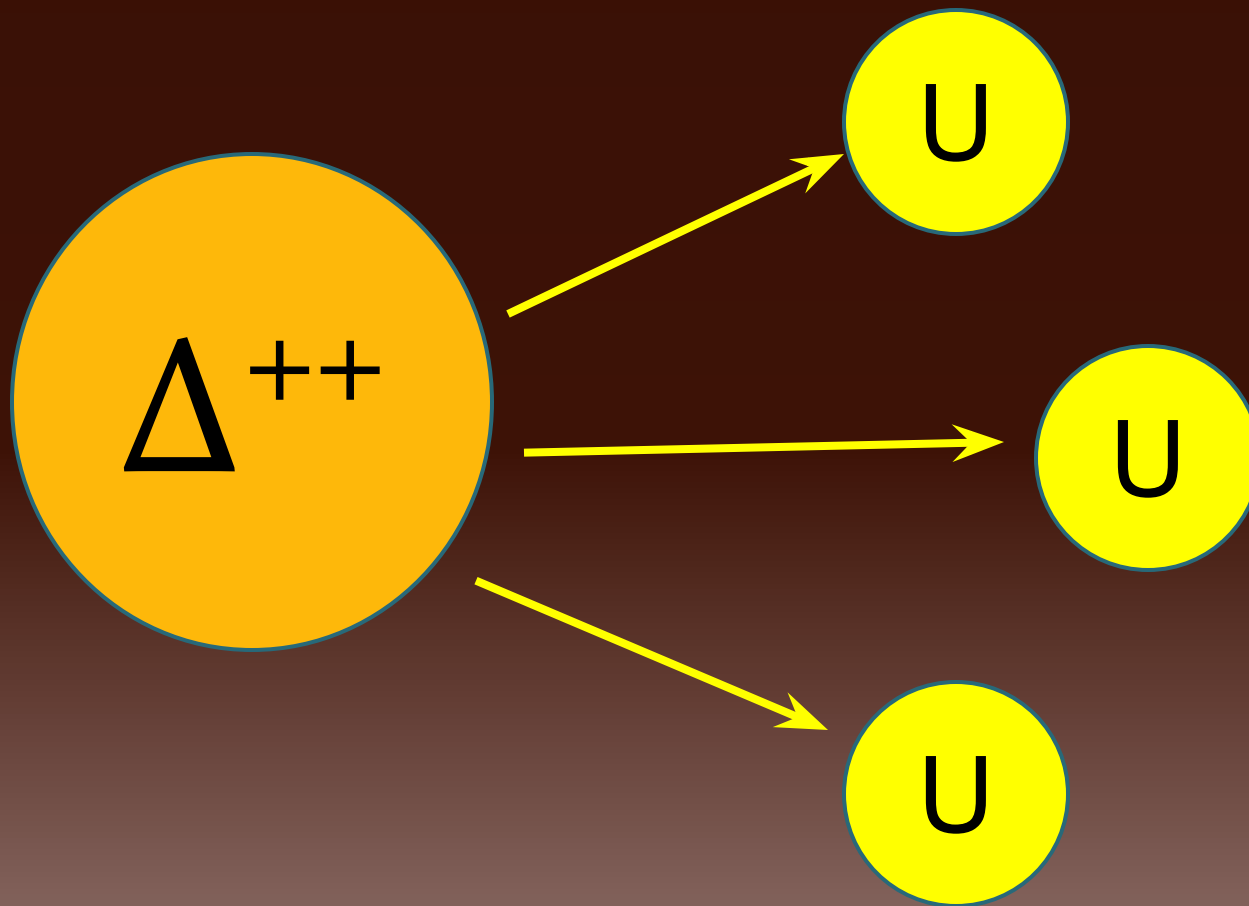
Ароматы кварков

| 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

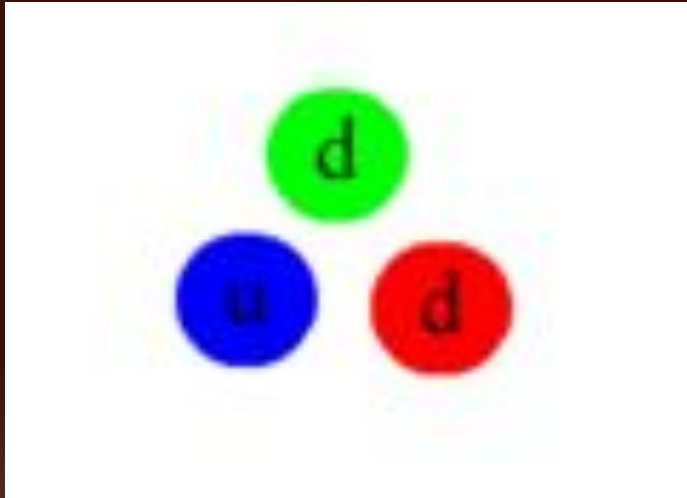
- Барионный заряд
- Электрический заряд
- Цветовой заряд

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

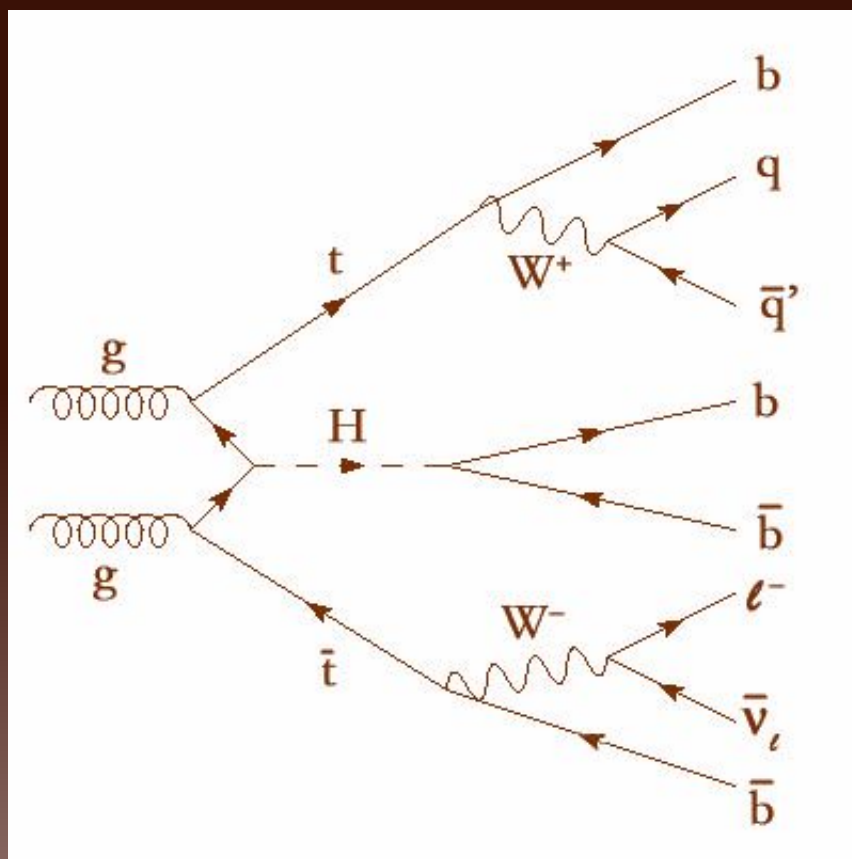
- Участвуют в сильном взаимодействии
- Переносчик взаимодействия кварков – глюон
- Глюон переносит цветовой заряд цвет-антицвет
- Количество глюонов – $8 = 6(\text{цв}) + 2(\text{бесцв})$
(красный-антисиний, красный-антизелёный, синий-антикрасный, синий-антизелёный, зелёный-антикрасный, зелёный-антисиний)



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°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»