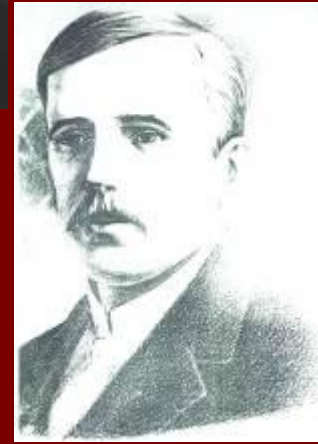


1897г. – Дж.Томсон  
открыл электрон



1919 г.– Э.Резерфорд  
открыл протон



1932 – Дж. Чэдвик  
открывает нейтрон



Начиная с 1932г. Было открыто более 400 элементарных частиц

Элементарная частица – это микробиъект, который невозможно расщепить на составные части, и который взаимодействует с другими микробиъектами как единое целое.

# Элементарные частицы делятся на:

```
graph TD; A[Элементарные частицы делятся на:] --> B[Фермионы – частицы с полуцелым спином (1/2 ħ, 3/2 ħ....)]; A --> C[Бозоны – частицы с целым спином (0, ħ, 2 ħ ....)]; B --> D[Например: электрон, протон, нейтрон]; C --> E[Например: фотон, П- мезон];
```

Фермионы – частицы с полуцелым спином ( $1/2 \hbar$ ,  $3/2 \hbar$ ....)

Например:  
электрон,  
протон,  
нейтрон

Бозоны – частицы с целым спином ( $0$ ,  $\hbar$ ,  $2 \hbar$  ....)

Например:  
фотон, П- мезон

# Фермионы подчиняются принципу Паули

В одном и том же энергетическом состоянии может находиться не более двух фермионов с противоположными спинами.

Вольфганг Паули  
австрийский  
физик-теоретик



В. Паули.

Античастица  $\bar{a}$  (элементарной частицы  $a$ ) – элементарная частица, имеющая (по отношению к  $a$ ) равную массу покоя, одинаковый спин, время жизни и противоположный заряд.

Частицей, совпадающей со своей античастицей, является фотон.

В 1931 г. английский физик П.Дирак теоретически предсказал существование позитрона – античастицы электрона.



П. ДИРАК

В 1932 г. позитрон был экспериментально открыт американским физиком Карлом Андерсоном.

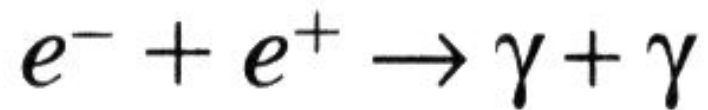


К. АНДЕРСОН

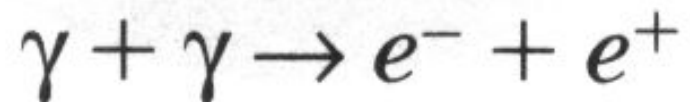
В 1947г. был обнаружен антипион.

В 1955 г. – антипротон, а в 1956 г. антинейтрон.

Аннигиляция – процесс взаимодействия элементарной частицы с ее античастицей, в результате которого они превращаются в фотоны или другие частицы.



Процесс обратный аннигиляции:





Антивещество – вещество состоящее из антинуклонов и позитронов

В 1969 г. В нашей стране был получен антигелий.

Затем были получены антидейтерий, антитритий.

Антивещество – самый совершенный источник энергии, самое калорийное «горючее»

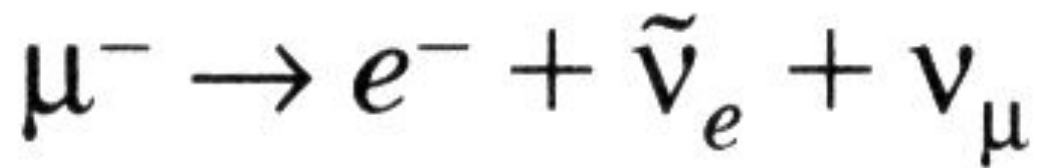
- Адроны – элементарные частицы, участвующие в сильном взаимодействии.
- Лептоны – фундаментальные частицы, не участвующие в сильном взаимодействии.

Для выделения класса лептонов вводится квантовое число – *лептонный* заряд  $L$ . Для лептонов  $L=1$ , для антилептонов  $L= -1$ , для адронов  $L=0$ .

## Лептоны и их характеристики

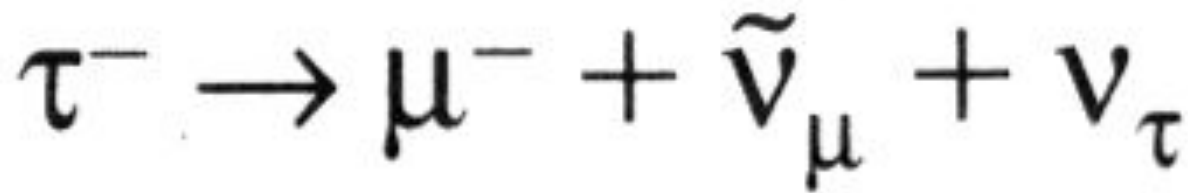
Дублет	Название	Символ		Масса		L	Время жизни, с
		частица	анти-частица	в $m_e$	в МэВ		
I	Электрон	$e^-$	$e^+$	1	0,511	$\pm 1$	Стабилен
	Электронное нейтрино	$\nu_e$	$\tilde{\nu}_e$	0	$0 (< 1,4 \cdot 10^{-5})$	$\pm 1$	Стабильно
II	Мюон	$\mu^-$	$\mu^+$	207	105,66	$\pm 1$	$2,2 \cdot 10^{-6}$
	Мюонное нейтрино	$\nu_\mu$	$\tilde{\nu}_\mu$	0	$0 (< 0,25)$	$\pm 1$	Стабильно
III	Таон	$\tau^-$	$\tau^+$	3492	1784	$\pm 1$	$10^{-13}$
	Таонное нейтрино	$\nu_\tau$	$\tilde{\nu}_\tau$	0	$0 (< 35)$	$\pm 1$	Стабильно

Мюон был открыт в космических лучах в 1936 г. (на  $1\text{см}^2$  поверхности Земли каждую минуту падает один мюон).



Для реакции распада мюона выполняется закон сохранения лептонного заряда.

В 1975 г. был открыт самый тяжелый лептон – таон.



Для реакции распада таона также выполняется закон сохранения лептонного заряда.

# К классу адронов относятся около 300 частиц, участвующих в сильном взаимодействии

- Мезоны- бозоны со спином, равным 0,  $\hbar$ .
- Барионы- фермионы со спином, равным  $\hbar/2$ ,  $3\hbar/2$ .

## Мезоны

Пи-мезоны (пионы)	$\pi^0$	$\pi^0$	264,1	0	$1,83 \cdot 10^{-16}$
	$\pi^+$	$\pi^-$	273,1	1	$2,6 \cdot 10^{-8}$
Ка-мезоны (каоны)	$K^+$	$K^-$	966,4	1	$1,2 \cdot 10^{-8}$
	$K^0$	$K^0$	974,1	0	$K_S^0 - 8,9 \cdot 10^{-11}$ $K_L^0 - 5,2 \cdot 10^{-8}$
Эта-нуль-мезон	$\eta^0$	$\eta^0$	1074	0	$2,4 \cdot 10^{-19}$



Для выделения класса барионов вводится квантовое число – барионный заряд  $B$ . Для барионов  $B=1$ , для антибарионов  $B=-1$ , у частиц, не являющихся барионами  $B=0$ .

Во всех взаимодействиях барионный заряд сохраняется.

Барионы	Нуклоны	Протон	$p$	$\bar{p}$	1836,1	1	Стабилен (?) $10^3$
		Нейтрон	$n$	$\bar{n}$	1838,6	0	
	Гипероны	Гиперон-лямбда	$\Lambda^0$	$\bar{\Lambda}^0$	2183,1	0	$2,63 \cdot 10^{-10}$
		Гиперон-сигма	$\Sigma^+$	$\bar{\Sigma}^+$	2327,6	1	$8 \cdot 10^{-11}$
			$\Sigma^0$	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	0	$5,8 \cdot 10^{-20}$
			$\Sigma^-$	$\bar{\Sigma}$	2343,1	-1	$1,48 \cdot 10^{-10}$
		Гиперон-кси	$\Xi^0$	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	$2,9 \cdot 10^{-10}$
			$\Xi$	$\bar{\Xi}^-$	2585,6	-1	$1,64 \cdot 10^{-10}$
		Омега-минус-гиперон	$\Omega$	$\bar{\Omega}$	3273	-1	$8,2 \cdot 10^{-11}$

- U (up) – верхний кварк
- d (down) – нижний кварк
- S (strange) – странный кварк
- t (truth) – истинный кварк
- B (beauty) – прелестный кварк
- C (charmed) – очарованный кварк

# Характеристики кварков

Кварк (аромат) $s = 1/2$	$q$	$B$	Антикварк (аромат) $s = 1/2$	$q$	$B$
$u, c, t$	$+2/3e$	$1/3$	$\bar{u}, \bar{c}, \bar{t}$	$-2/3e$	$-1/3$
$d, s, b$	$-1/3e$	$1/3$	$\bar{d}, \bar{s}, \bar{b}$	$+1/3e$	$-1/3$

# Кварковая структура адронов

- Барионы состоят из трех кварков:  
 $p = (u; u; d)$ ,  $n = (u; d; d)$
- Мезоны состоят из кварка и антикварка:  
 $\pi^+ = (u; \bar{d})$

Каждый тип кварков может иметь три цветовых заряда: красный, синий и зеленый. Все адроны цветонейтральны.

Так как существует 6 кварков и 6 антикварков, каждый из которых может иметь 3 цвета, то полное число кварков равно 36.

Фундаментальными частицами являются лептоны и кварки. Все фундаментальные частицы – фермионы.

Таким образом, окружающая нас Вселенная состоит из 48 фундаментальных частиц.