

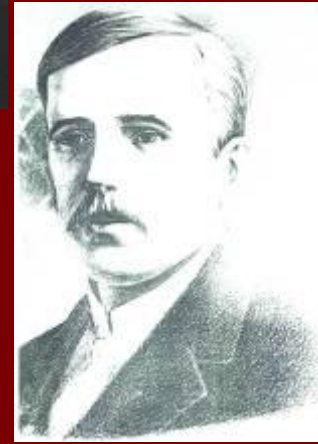
Тема урока

Элементарные частицы

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.

Фундаментальные частицы – это бесструктурные частицы, которые до настоящего времени не удалось описать как составные.

Величины, характеризующие элементарные частицы

- Масса
- Электрический заряд
- Время жизни
- Спин (собственный момент импульса)

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.

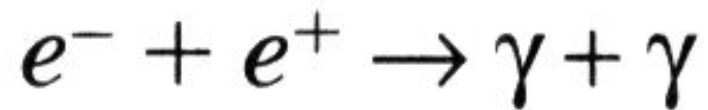


К. АНДЕРСОН

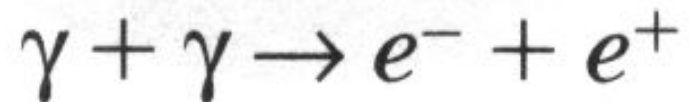
В 1947г. был обнаружен антипион.

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»

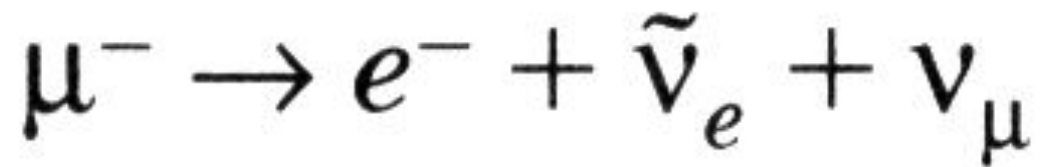
- Адроны – элементарные частицы, участвующие в сильном взаимодействии.
- Лептоны – фундаментальные частицы, не участвующие в сильном взаимодействии.

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

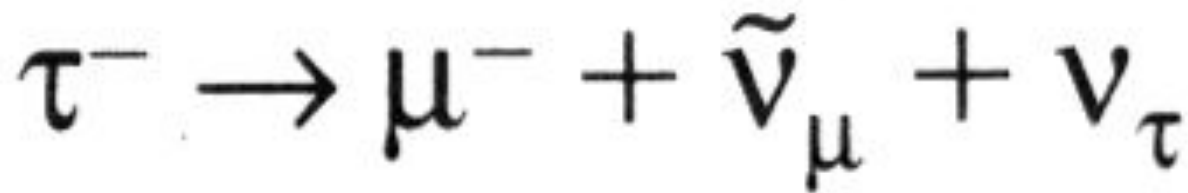
Дублет	Название	Символ		Масса		L	Время жизни, с
		частица	анти-частица	в m_e	в МэВ		
I	Электрон	e^-	e^+	1	0,511	± 1	Стабилен
	Электронное нейтрино	ν_e	$\tilde{\nu}_e$	0	$0 (< 1,4 \cdot 10^{-5})$	± 1	Стабильно
II	Мюон	μ^-	μ^+	207	105,66	± 1	$2,2 \cdot 10^{-6}$
	Мюонное нейтрино	ν_μ	$\tilde{\nu}_\mu$	0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

Мюон был открыт в космических лучах в 1936 г. (на 1см^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)	π^0	π^0	264,1	0	$1,83 \cdot 10^{-16}$
	π^+	π^-	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	η^0	η^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	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	2183,1	0	$2,63 \cdot 10^{-10}$
		Гиперон-сигма	Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	2327,6	1	$8 \cdot 10^{-11}$
			Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	0	$5,8 \cdot 10^{-20}$
			Σ^-	$\bar{\Sigma}$	2343,1	-1	$1,48 \cdot 10^{-10}$
		Гиперон-кси	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	$2,9 \cdot 10^{-10}$
			Ξ	$\bar{\Xi}^-$	2585,6	-1	$1,64 \cdot 10^{-10}$
		Омега-минус-гиперон	Ω	$\bar{\Omega}$	3273	-1	$8,2 \cdot 10^{-11}$

- В 1963 г. американские физики-теоретики Дж. Цвейг и М.Гелл-Манн выдвинули гипотезу о том, что адроны состоят из кварков.
- В 1969 г. экспериментальное подтверждение кварковой структуры адронов пришло из Стэнфорда.



М. ГЕЛЛ-МАНН

- 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:

$$p = (u; u; d), \quad n = (u; d; d)$$

- 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.