

# Этапы развития физики элементарных частиц

Физика, 11 класс

## 1 этап.

### От электрона до позитрона (1897-1932 г. г.)

- Элементарные частицы – «атомы Демокрита» на более глубоком уровне.

# Открытие электрона



***Д.Д. Томсон***

С 1895 г. Джозеф Джон Томсон в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета начинает методическое количественное изучение отклонения катодных лучей в электрических и магнитных полях. Итоги этой работы были опубликованы в 1897 г. в октябрьском номере журнала "Philosophical Magazine". Томсон доказал, что все частицы, образующие катодные лучи, тождественны друг другу и входят в состав вещества. Суть опытов и гипотезу о существовании материи в состоянии еще более тонкого дробления чем атомы, Томсон изложил на заседании Королевского общества 29.04.1897 г. Извлечение из этого сообщения было опубликовано в "Electrician" 21.05.1897 г.

## **2 этап.**

### **От позитрона до кварков (1932-1964 г.г.)**

- Все элементарные частицы превращаются друг в друга.

# Реакции получения элементарных частиц



На рисунке показан результат столкновения ядра углерода, имевшего энергию 60 млрд эВ (жирная верхняя линия), с ядром серебра фотоэмульсии. Ядро раскалывается на осколки, разлетающиеся в разные стороны. Одновременно рождается много новых элементарных частиц – пионов.

*Все элементарные частицы превращаются друг в друга, и эти взаимные превращения – главный факт их существования.*

# Реакции получения элементарных частиц



**А.М. Балдин**  
(1926-2001)

Подобные реакции при столкновениях релятивистских ядер, полученных в ускорителе, впервые в мире осуществлены в лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований в г. Дубне, под руководством академика Александра Михайловича Балдина. Лишённые электронной оболочки ядра были получены путём ионизации атомов углерода лазерным лучом.

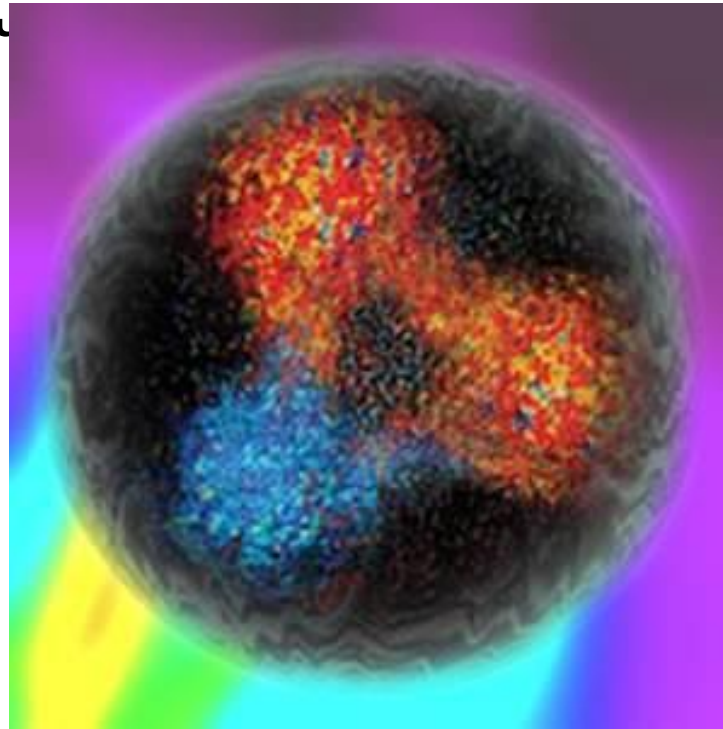
# **3 этап. От гипотезы о кварках до наших дней**

## **(1964-1995 г.г.)**

- Большинство элементарных частиц имеет сложную структуру.

# Кварки – первичные частицы

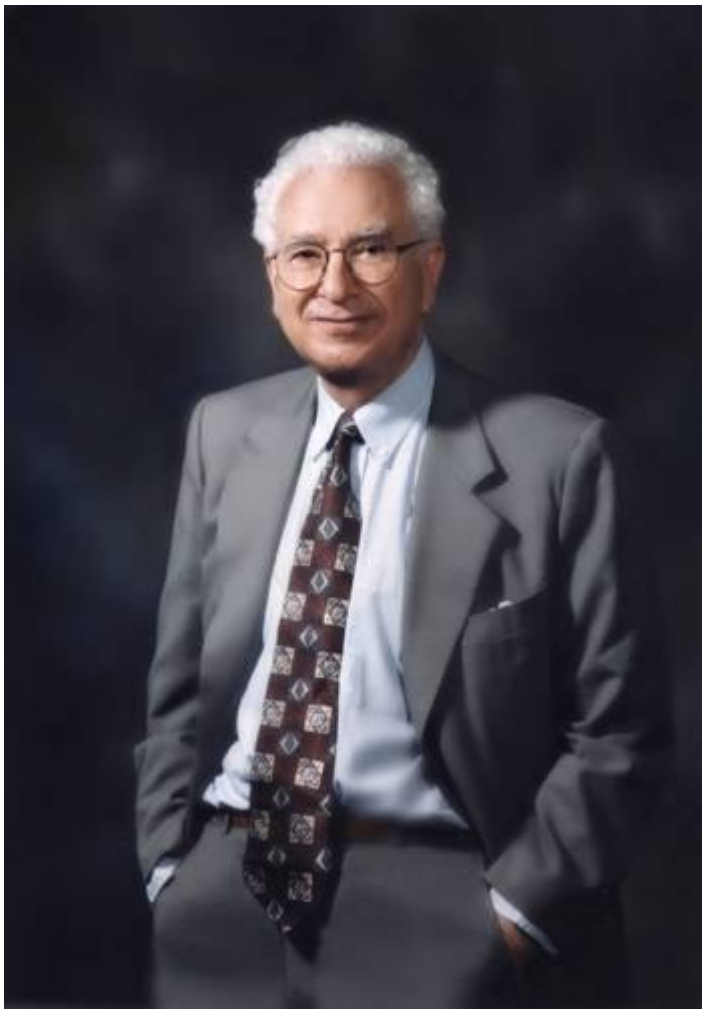
- В 1964 г. Мюрреем Гелл-Манном и Дж. Цвейгом была предложена модель, согласно которой все частицы, участвующие в сильных (ядерных) взаимодействиях, - адроны – построены из более фундаментальных (или первичных) ч



Нейтрон, состоящий из трёх кварков:  $u (+2e/3)$ ,  $d (-e/3)$ ,  $d (-e/3)$



# Авторы кварковой модели



**М. Гелл-Манн**



**Дж. Цвейг**

## Кварки

| Название частицы (Аромат) | Обозначение | Цвет (голубой, зеленый, красный) | Масса покоя, МэВ   | Эл. заряд |
|---------------------------|-------------|----------------------------------|--|-----------|
| Up (Верхний)              | u           | $u_r$ $u_z$ $u_{кр}$             | 310  | +2/3      |
| Down (Нижний)             | d           | $d_r$ $d_z$ $d_{кр}$             | 310  | -1/3      |
| Charm (Очарованный)       | c           | $c_r$ $c_z$ $c_{кр}$             | 1500   | +2/3      |
| Strange (Странный)        | s           | $s_r$ $s_z$ $s_{кр}$             | 505  | -1/3      |
| Top Truth (Истинный)      | t           | $t_r$ $t_z$ $t_{кр}$             | (Гипотетическая частица),<br>>2250<br>0<br>около<br>5000 | +2/3      |
| Bottom beauty (Красивый)  | b           | $b_r$ $b_z$ $b_{кр}$             |  | -1/3      |

| Группа  | Название частицы     | Символ         |                  | Масса (в электронных массах) | Электрический заряд | Спин | Время жизни (с)       |                              |
|---------|----------------------|----------------|------------------|------------------------------|---------------------|------|-----------------------|------------------------------|
|         |                      | Частица        | Античастица      |                              |                     |      |                       |                              |
| Фотоны  | Фотон                | $\gamma$       |                  | 0                            | 0                   | 1    | Стабилен              |                              |
| Лептоны | Нейтрино электронное | $\nu_e$        | $\bar{\nu}_e$    | 0                            | 0                   | 1/2  | Стабильно             |                              |
|         | Нейтрино мюонное     | $\nu_\mu$      | $\bar{\nu}_\mu$  | 0                            | 0                   | 1/2  | Стабильно             |                              |
|         | Электрон             | $e^-$          | $e^+$            | 1                            | -1 1                | 1/2  | Стабилен              |                              |
|         | Мю-мезон             | $\mu^-$        | $\mu^+$          | 206,8                        | -1 1                | 1/2  | $2,2 \cdot 10^{-6}$   |                              |
| Адроны  | Мезоны               | $\pi^0$        |                  | 264,1                        | 0                   | 0    | $0,87 \cdot 10^{-16}$ |                              |
|         |                      | Пи-мезоны      | $\pi^+$          | $\pi^-$                      | 273,1               | 1 -1 | 0                     | $2,6 \cdot 10^{-8}$          |
|         |                      | К-мезоны       | $K^+$            | $K^-$                        | 966,4               | 1 -1 | 0                     | $1,24 \cdot 10^{-8}$         |
|         |                      |                | $K^0$            | $\bar{K}^0$                  | 974,1               | 0    | 0                     | $\approx 10^{-10} - 10^{-8}$ |
|         | Эта-нуль-мезон       | $\eta^0$       |                  | 1074                         | 0                   | 0    | $\approx 10^{-18}$    |                              |
|         | Барiony              | Протон         | p                | $\bar{p}$                    | 1836,1              | 1 -1 | 1/2                   | Стабилен                     |
|         |                      | Нейтрон        | n                | $\bar{n}$                    | 1838,6              | 0    | 1/2                   | 898                          |
|         |                      | Лямбда-гиперон | $\Lambda^0$      | $\bar{\Lambda}^0$            | 2183,1              | 0    | 1/2                   | $2,63 \cdot 10^{-10}$        |
|         |                      | Сигма-гипероны | $\Sigma^+$       | $\bar{\Sigma}^+$             | 2327,6              | 1 -1 | 1/2                   | $0,8 \cdot 10^{-10}$         |
|         |                      |                | $\Sigma^0$       | $\bar{\Sigma}^0$             | 2333,6              | 0    | 1/2                   | $7,4 \cdot 10^{-20}$         |
|         |                      |                | $\Sigma^-$       | $\bar{\Sigma}^-$             | 2343,1              | -1 1 | 1/2                   | $1,48 \cdot 10^{-10}$        |
|         |                      | Кси-гипероны   | $\Xi^0$          | $\bar{\Xi}^0$                | 2572,8              | 0    | 1/2                   | $2,9 \cdot 10^{-10}$         |
|         |                      |                | $\Xi^-$          | $\bar{\Xi}^-$                | 2585,6              | -1 1 | 1/2                   | $1,64 \cdot 10^{-10}$        |
|         | Омега-минус-гиперон  | $\Omega^-$     | $\bar{\Omega}^-$ | 3273                         | -1 1                | 1/2  | $0,82 \cdot 10^{-11}$ |                              |

**Таблица  
элементарны  
Х  
частиц**

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- <http://to-name.ru/biography/dzhozef-tomson.htm>
- <http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/xx5.htm>
- <http://newuc.jinr.ru/section.asp?id=210>
- [http://www.limm.mgimo.ru/science/lect\\_4.html](http://www.limm.mgimo.ru/science/lect_4.html)
- <http://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter6/section/paragraph9/theory.html>
- Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика. Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. – М.: Просвещение, 2007.