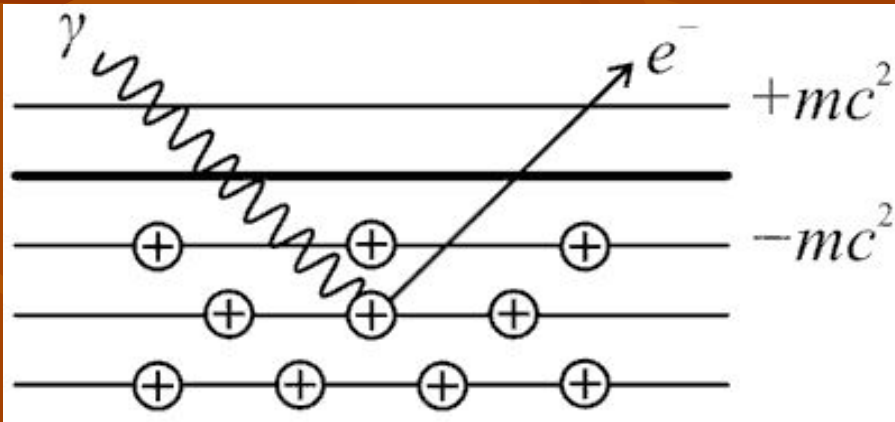


Собираем пазл материи. Фундаментальные частицы

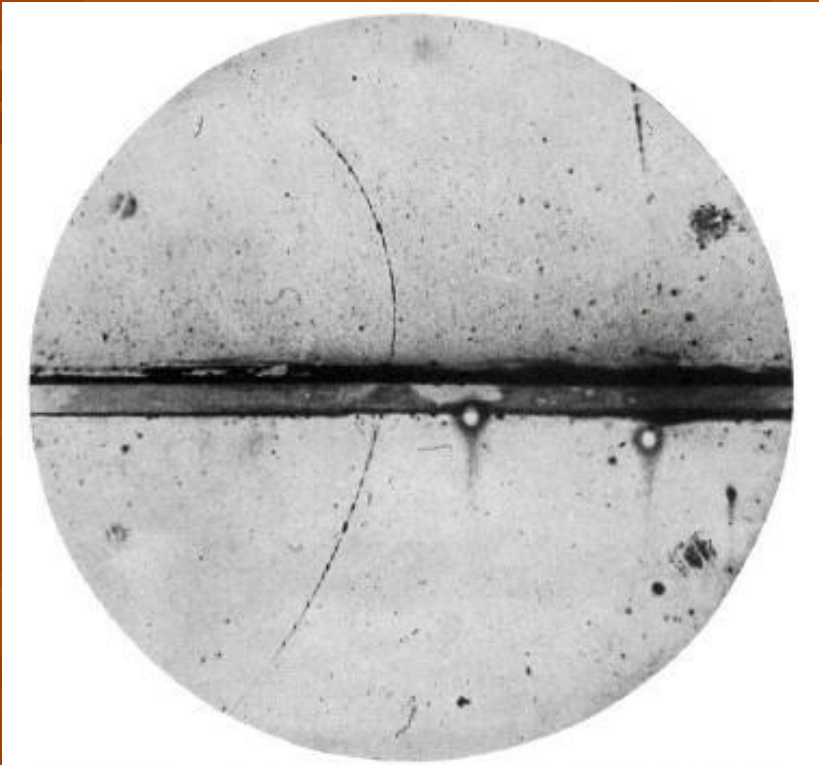


Античастицы (П.Дирак, 1928 г.)



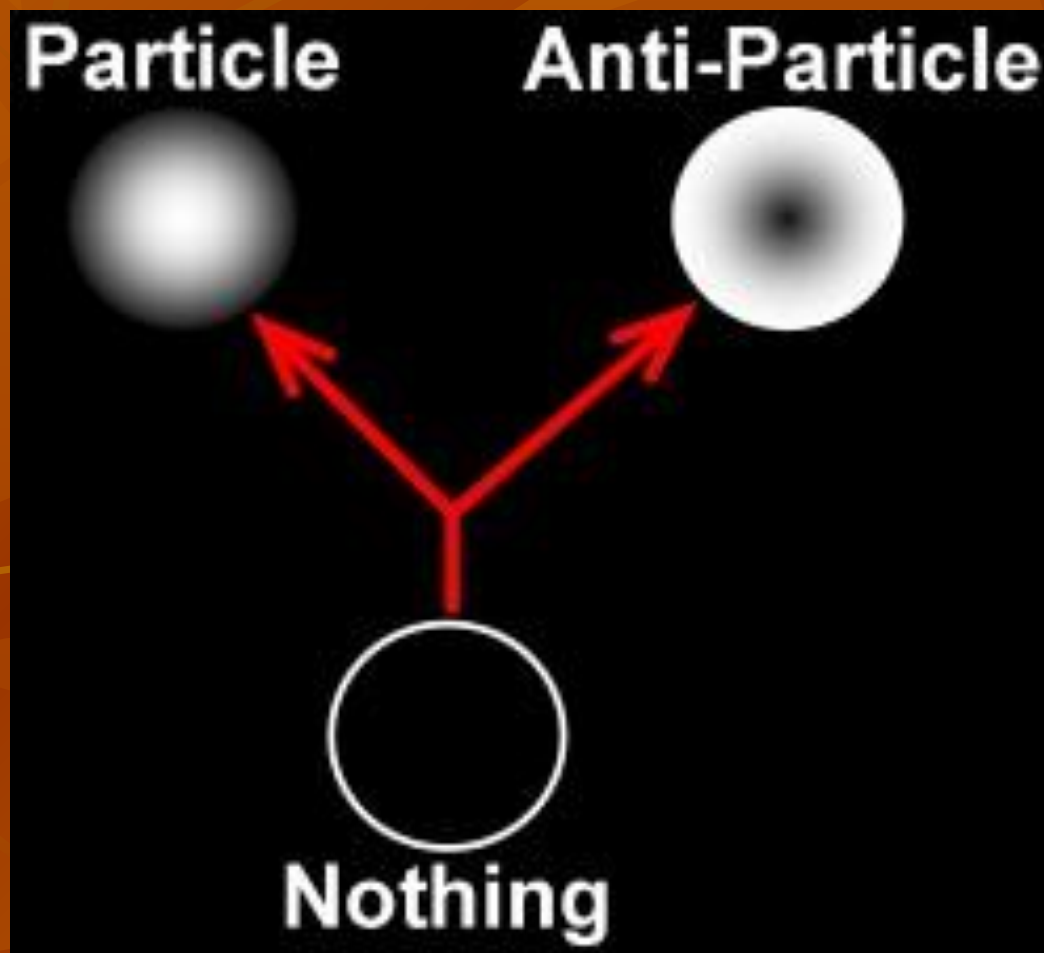
Нобелевская премия 1933 г.

Открытие позитрона (К. Андерсон, 1932)



Нобелевская премия 1936 г.

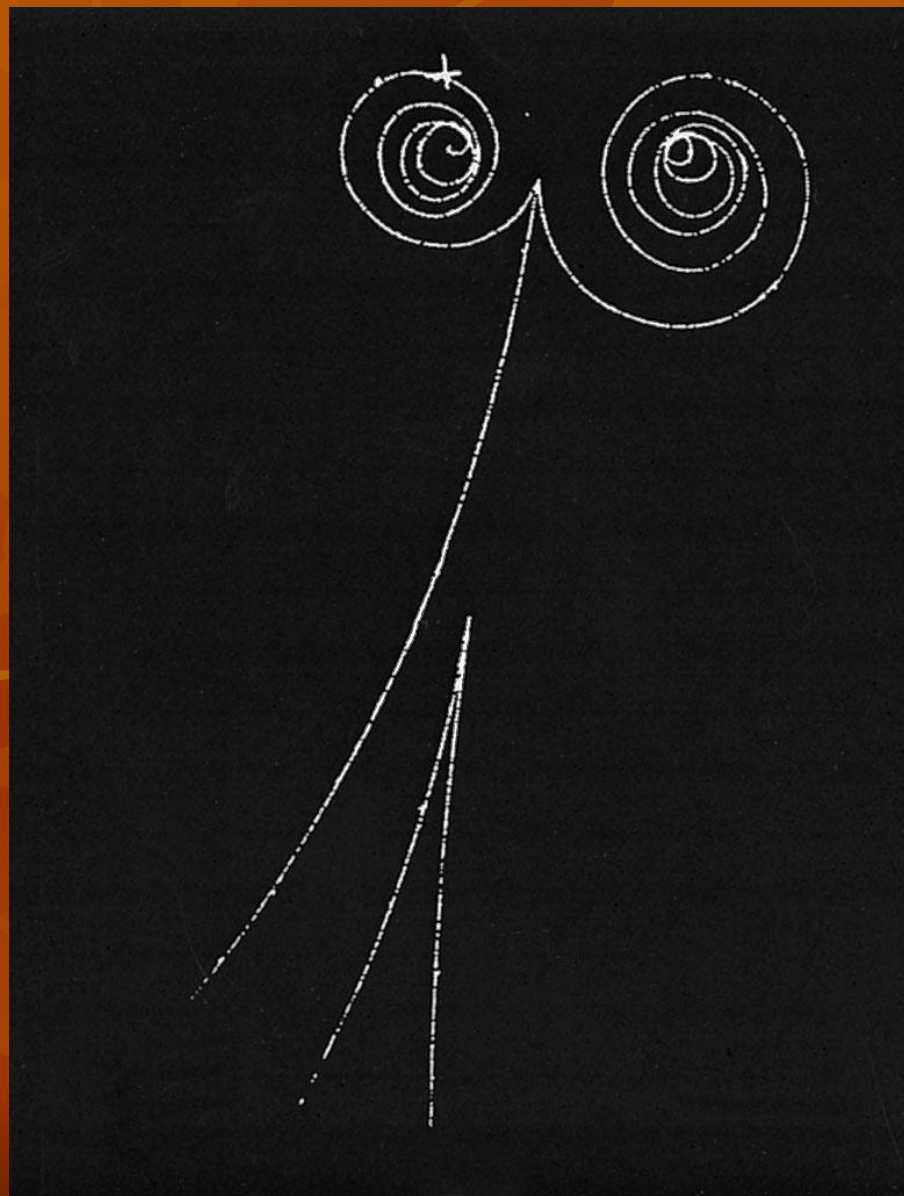
Частица-античастица



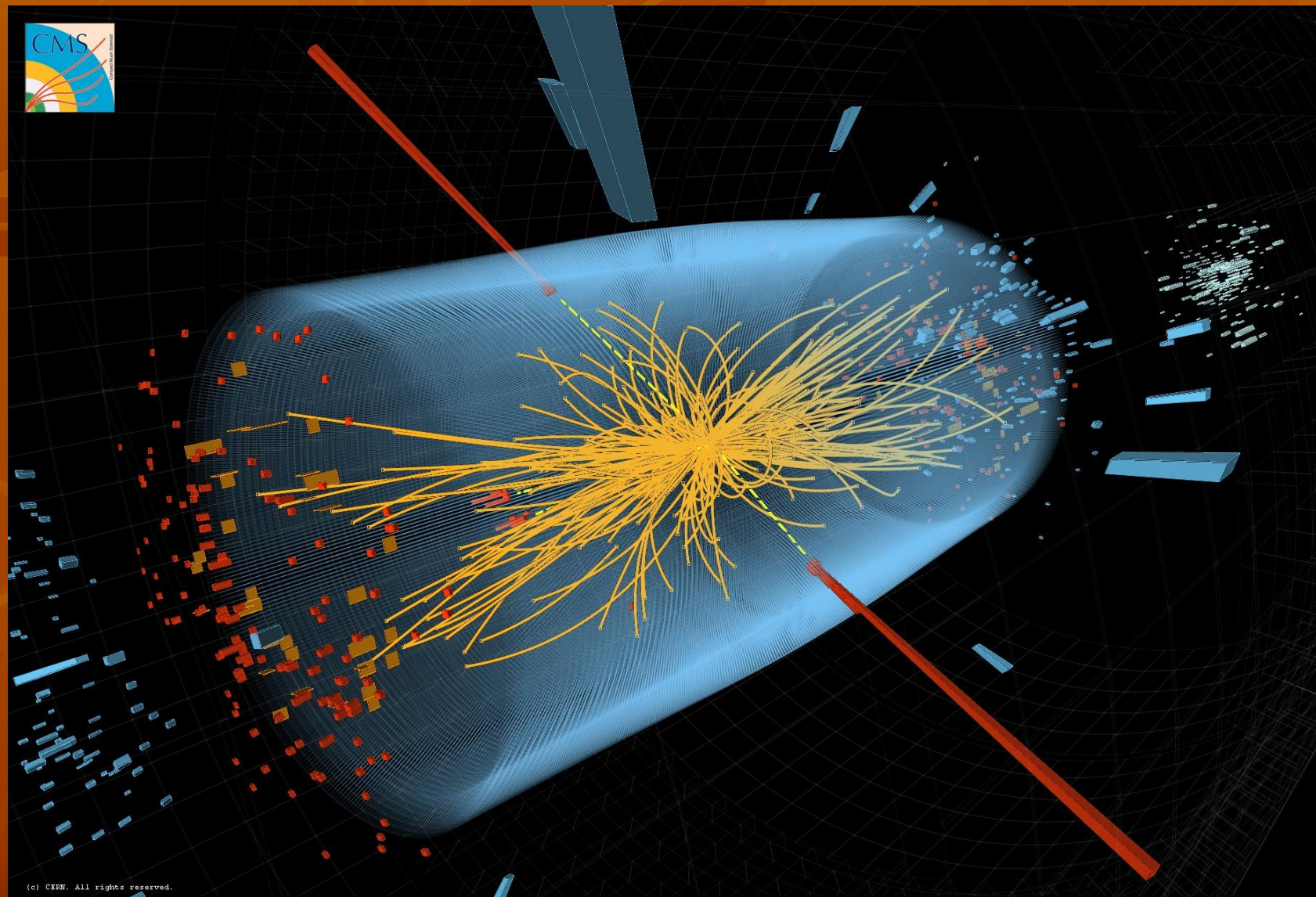
Открытия частиц

- 1919 г.-протон (Э.Резерфорд)
- 1932 г.- нейтрон (Д.Чэдвик) и позитрон (К.Андерсон)
- 1937 г.-мюон (К.Андерсон и др.)
- 1947 г.-пион (С.Пауэлл и др.), странные частицы (Д.Рочестер, К.Батлер)
- 1955 г. –антипротон (Э.Сегрэ, О.Чемберлен и др.)
- 1956 г.-электронное антинейтрино (Ф.Райнес, К.Коуэн)
- 1960 г.-адронные резонансы (Л.Альварес)
- 1962 г. –мюонное нейтрино (Л.Ледерман)
- 1967 г. –электронное нейтрино (Р.Дэвис)
- 1975 г. – таон (М.Перл)
- 2000 г. – таонное нейтрино
- 2012 г. – бозон Хиггса

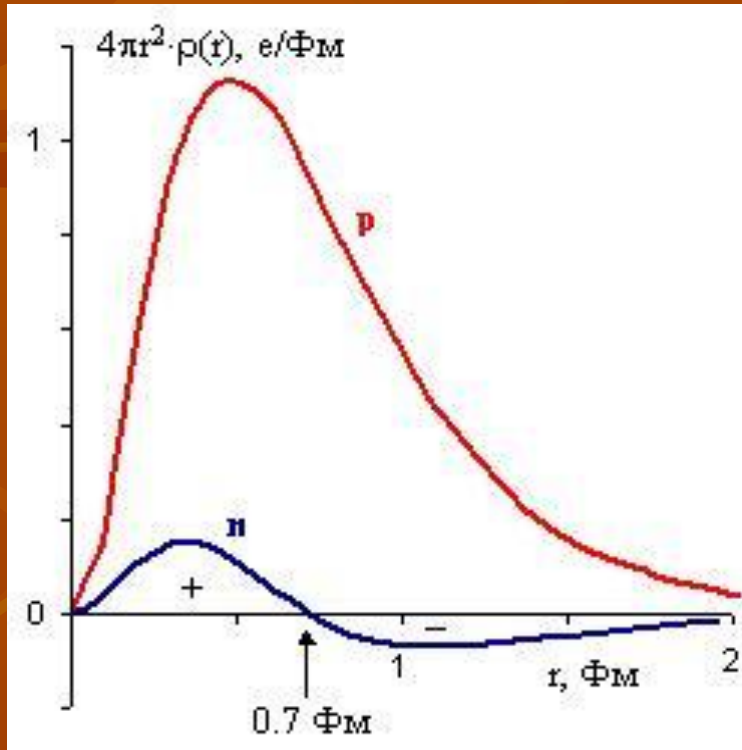
Рождение частиц



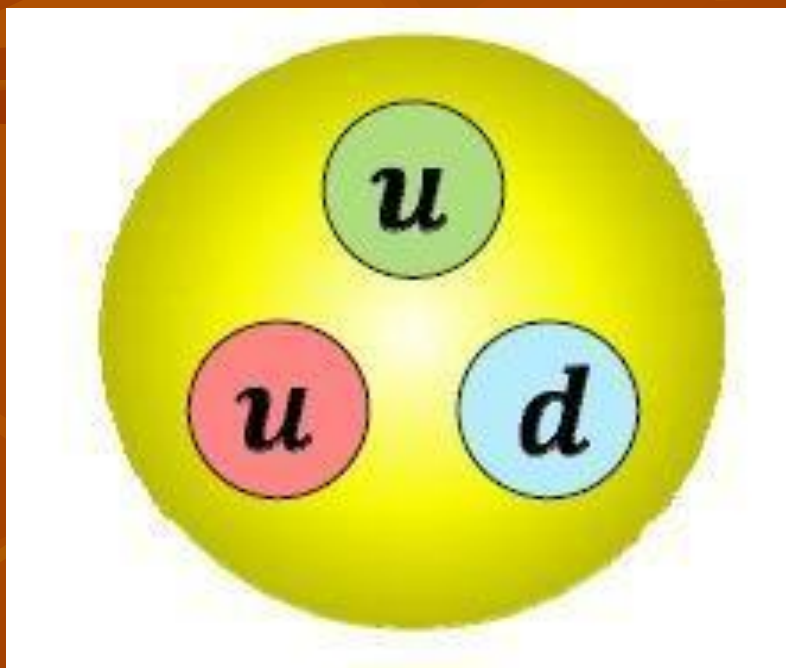
Рождение частиц



Структура нуклона (Р.Хофштадтер, 1957г.)

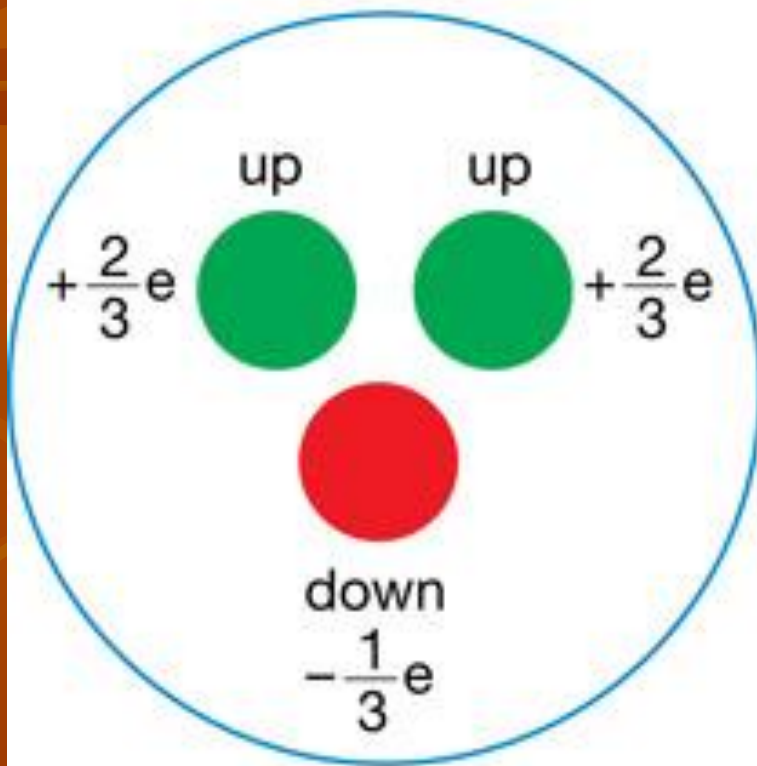


Кварки (М.Гелл-Манн, Д.Цвейг, 1963 г.)



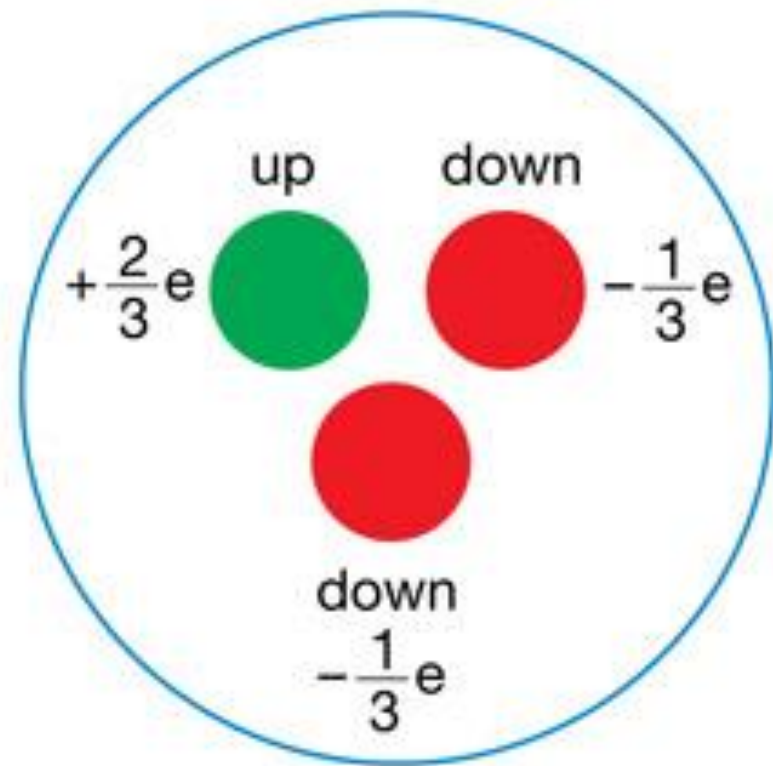
Структура нуклона

Proton



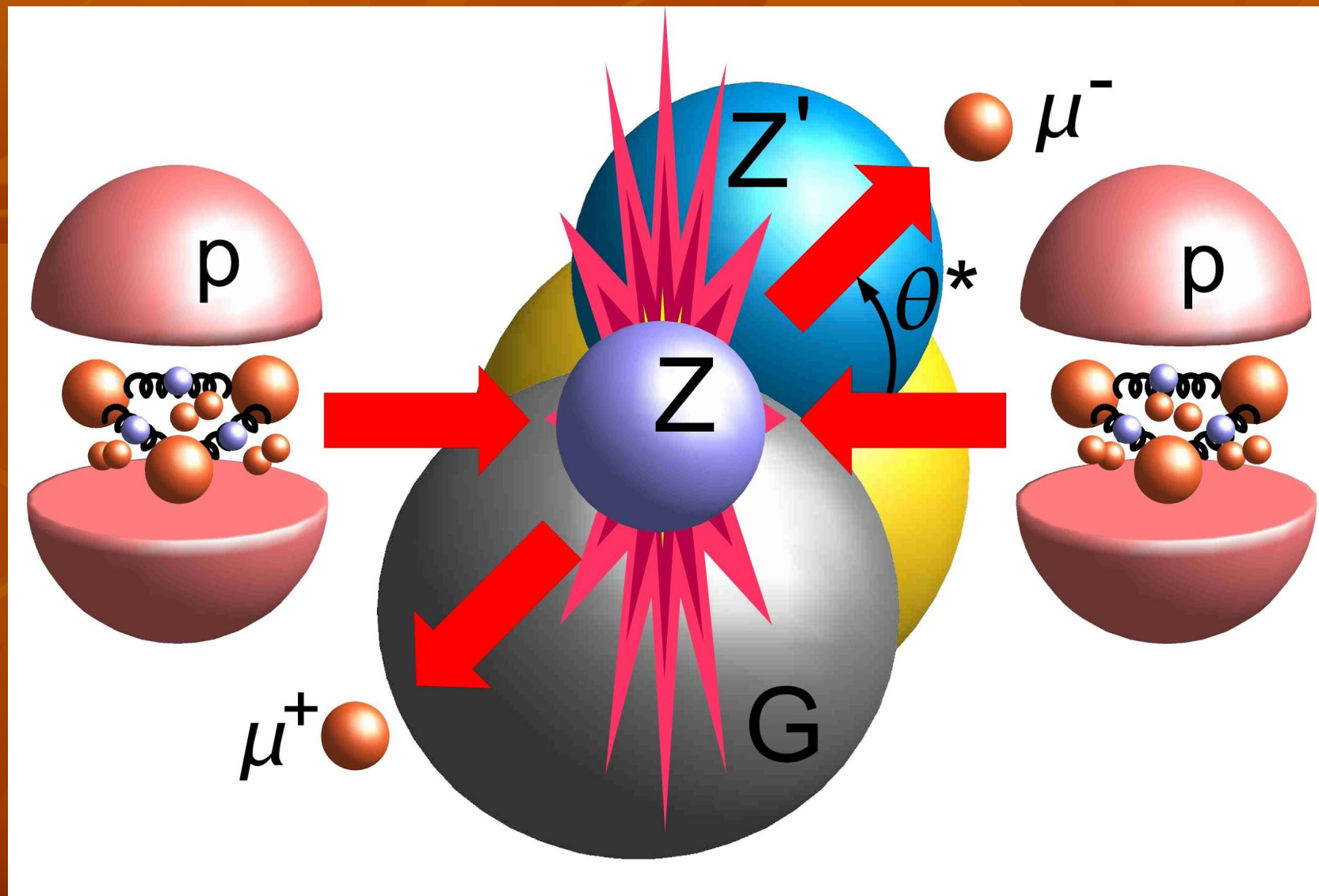
$$\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = +1$$

Neutron

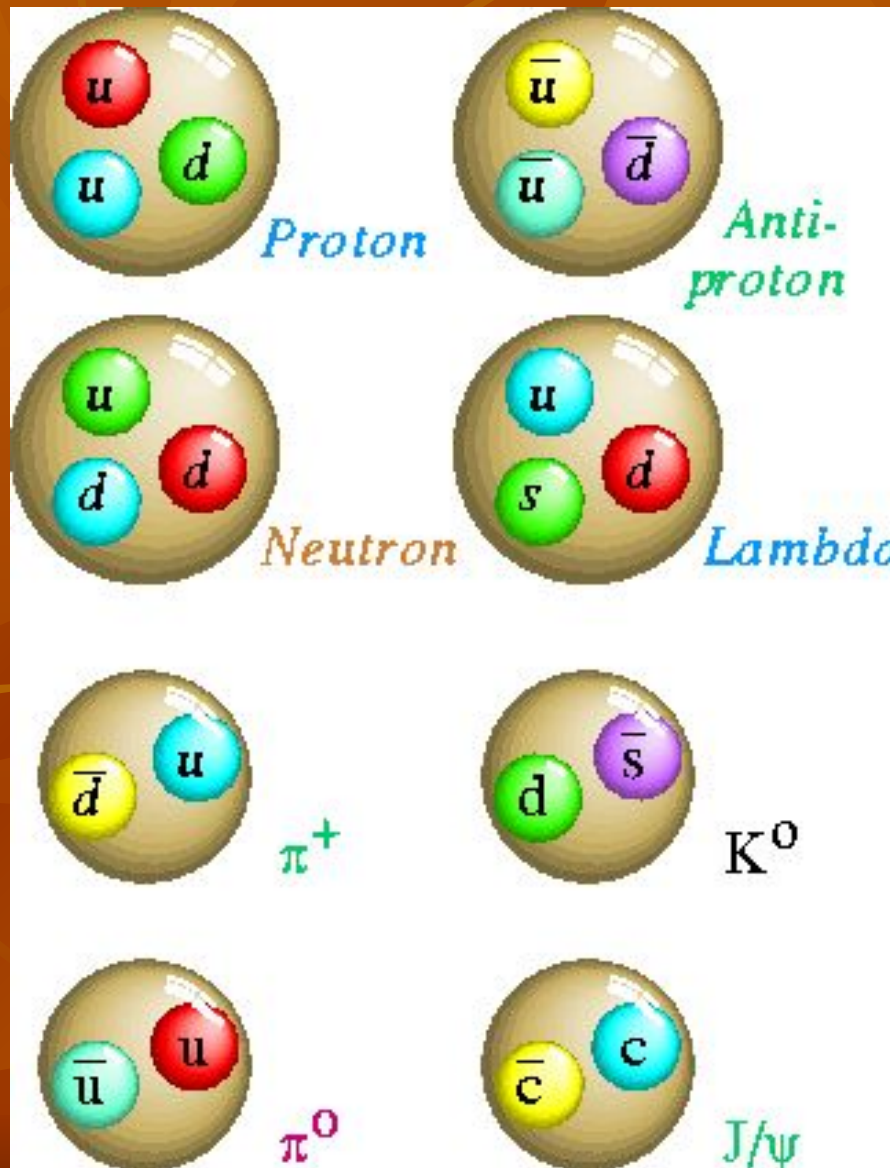


$$\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = +1$$

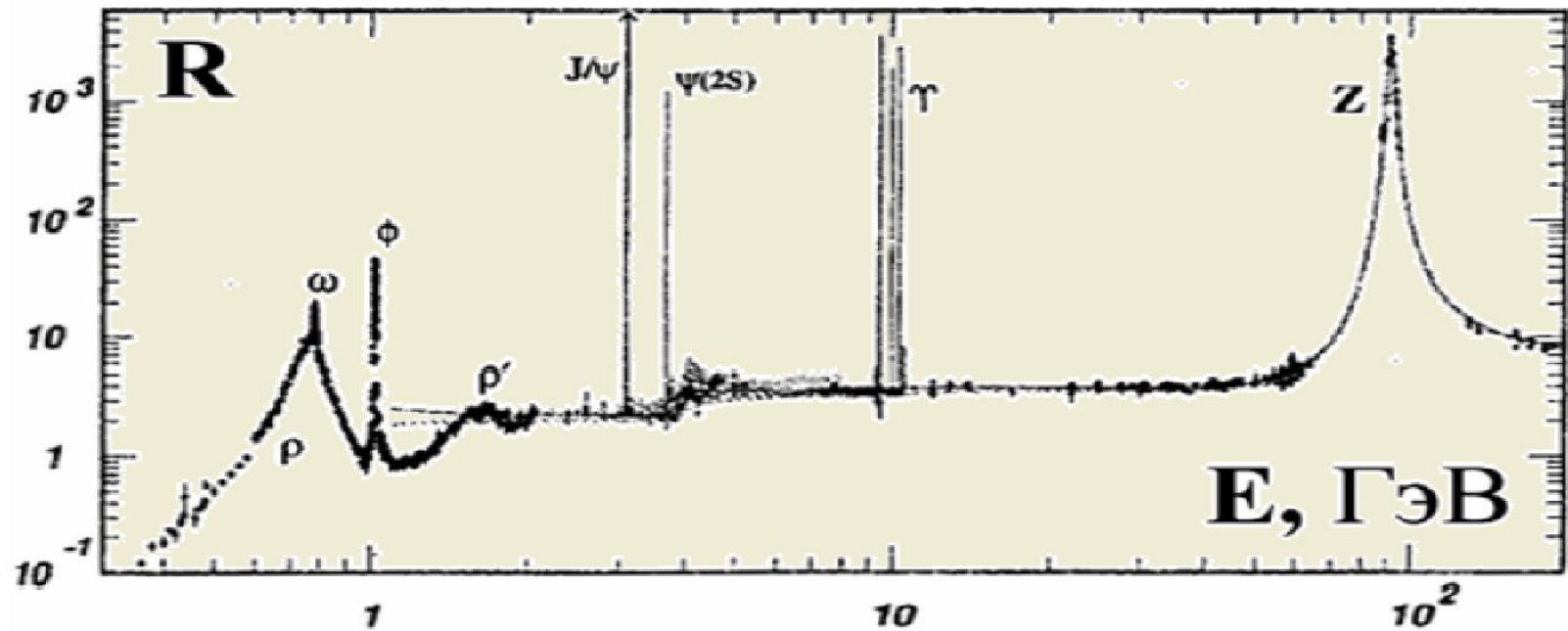
Рождение частиц



Структура частиц



1977 г. b-кварк



Fermilab, Л.Ледерман

Конфаймент



$\left(\frac{2}{3}\right)$

up



$\left(\frac{2}{3}\right)$

charm



$\left(\frac{2}{3}\right)$

top



$\left(-\frac{1}{3}\right)$

down



$\left(-\frac{1}{3}\right)$

strange



$\left(-\frac{1}{3}\right)$

bottom



Характеристики кварков.

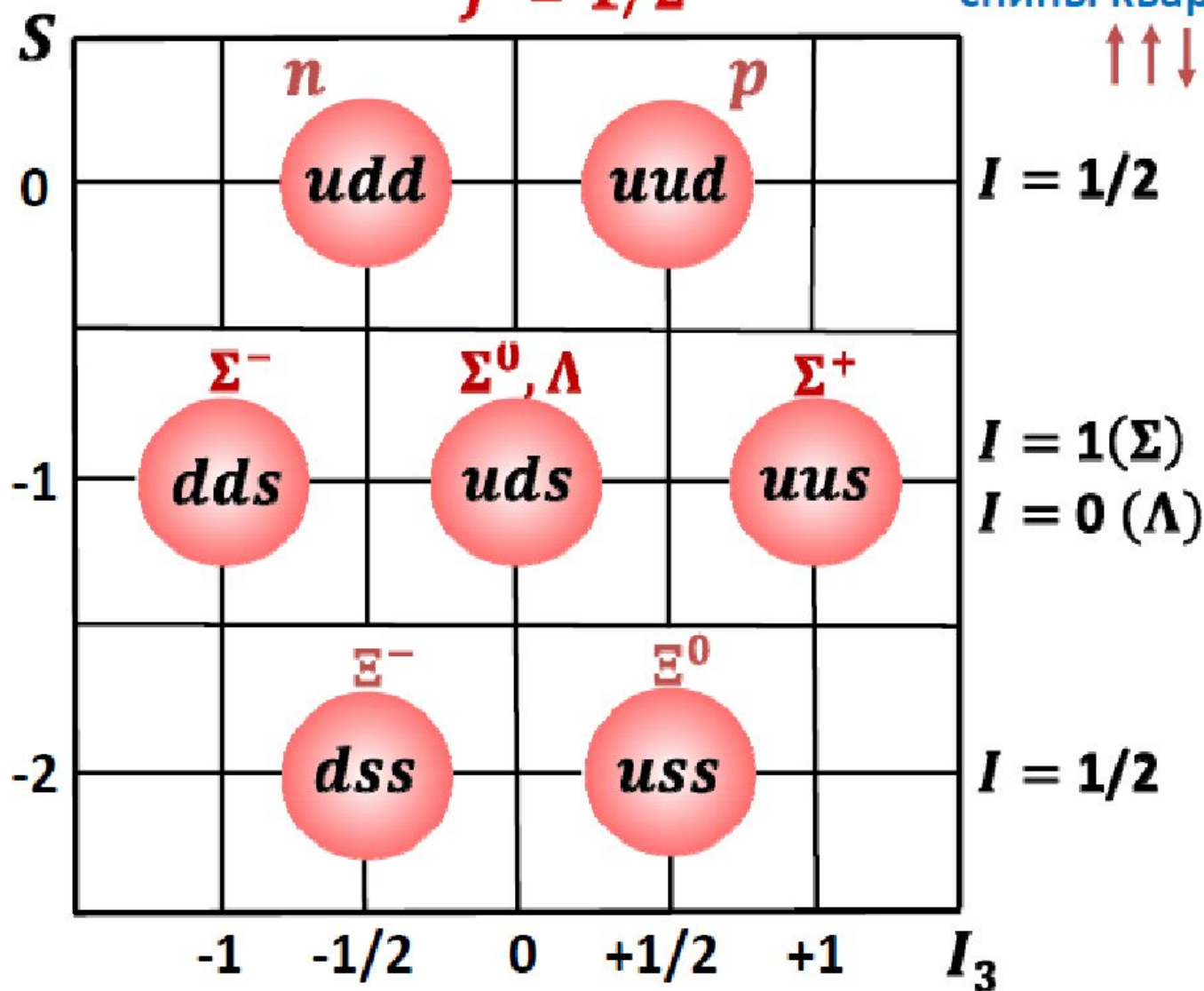
Для всех кварков $J^P \equiv 1/2^+$ и барионный заряд $B \equiv 1/3$

Характеристика	Тип кварка или аромат (flavor)					
	<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>t</i>
Электрический заряд Q	$-1/3 e$	$+2/3 e$	$-1/3 e$	$+2/3 e$	$-1/3 e$	$+2/3 e$
Изоспин I	$1/2$	$1/2$	0	0	0	0
Проекция изоспина I_3	$-1/2$	$+1/2$	0	0	0	0
Странность S	0	0	-1	0	0	0
Charm C	0	0	0	$+1$	0	0
Bottomness B	0	0	0	0	-1	0
Topness T	0	0	0	0	0	$+1$
Масса (mc^2)	4,1-5,8 МэВ	1,7-3,3 МэВ	101±25 МэВ	1,3±0,1 ГэВ	4,2±0,1 ГэВ	172±1,6 ГэВ

Кварковая структура октета легчайших барионов

$$J^P = 1/2^+$$

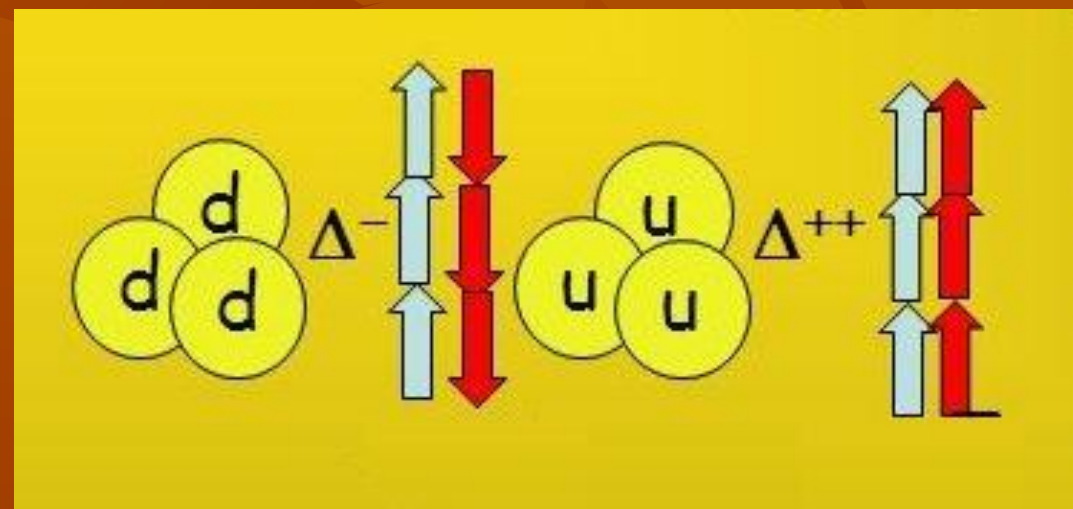
спины кварков



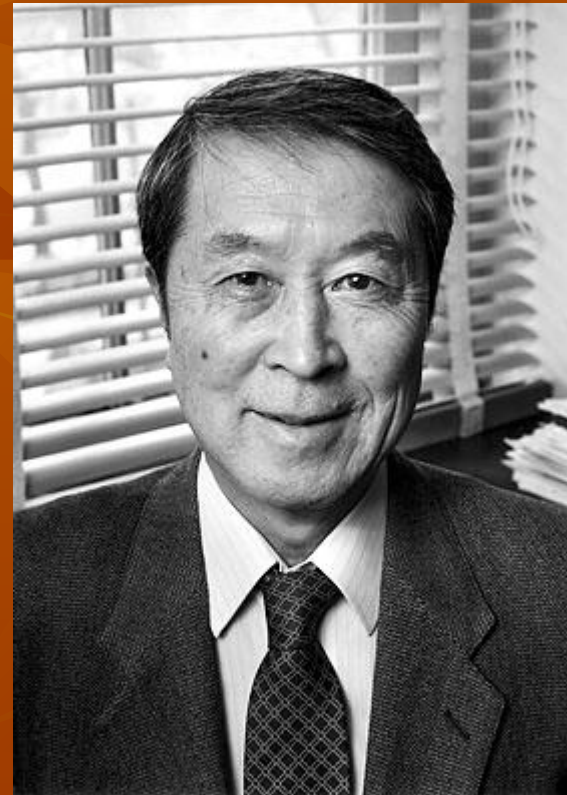
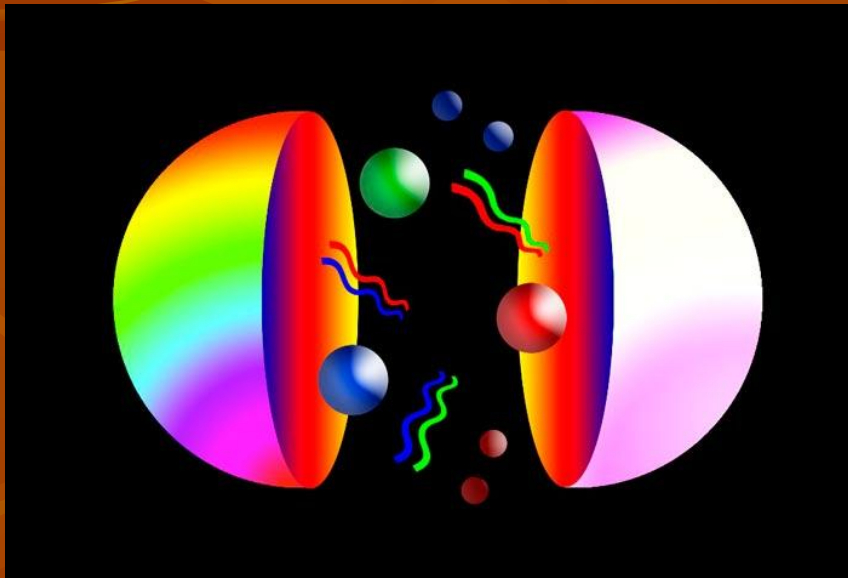
Принцип Паули.



Принцип Паули

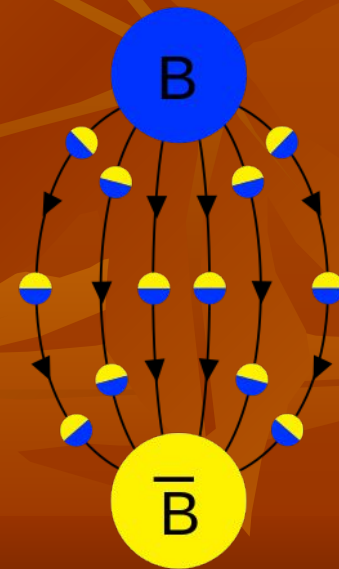
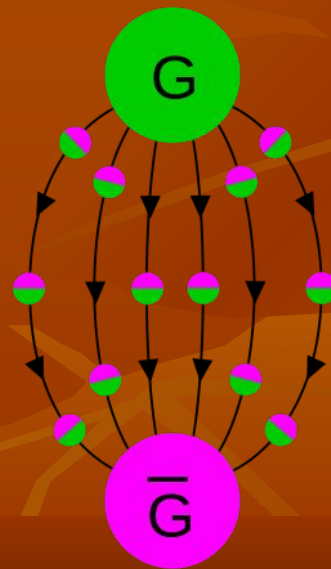
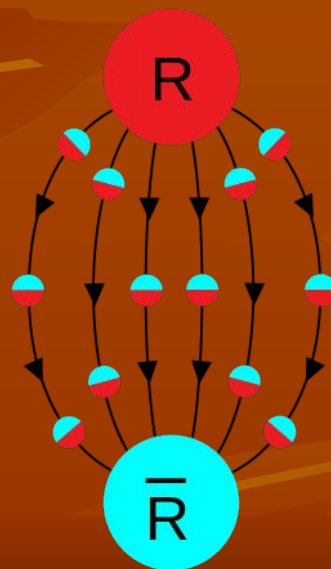
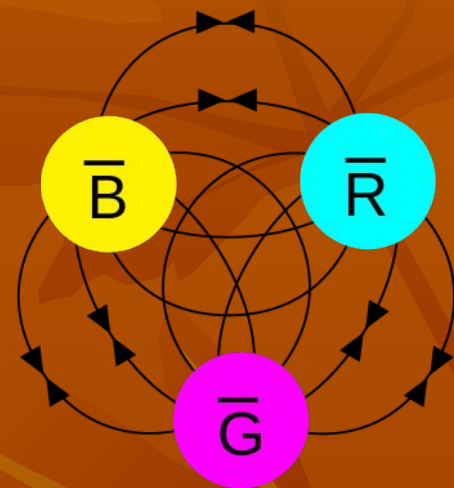
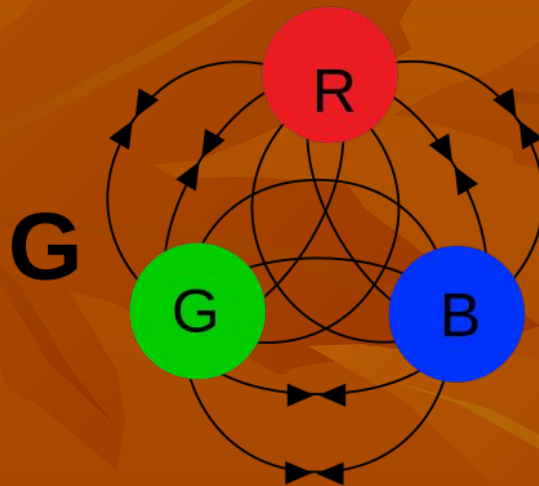
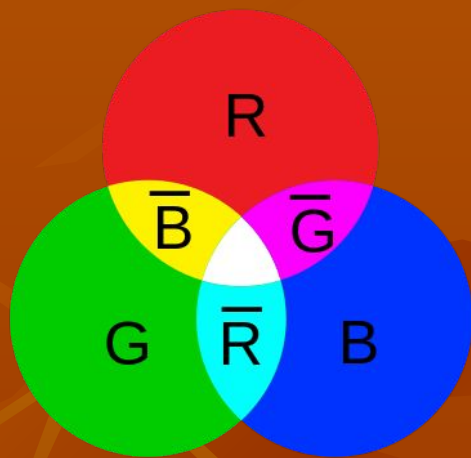


Цвет (1965 г.)

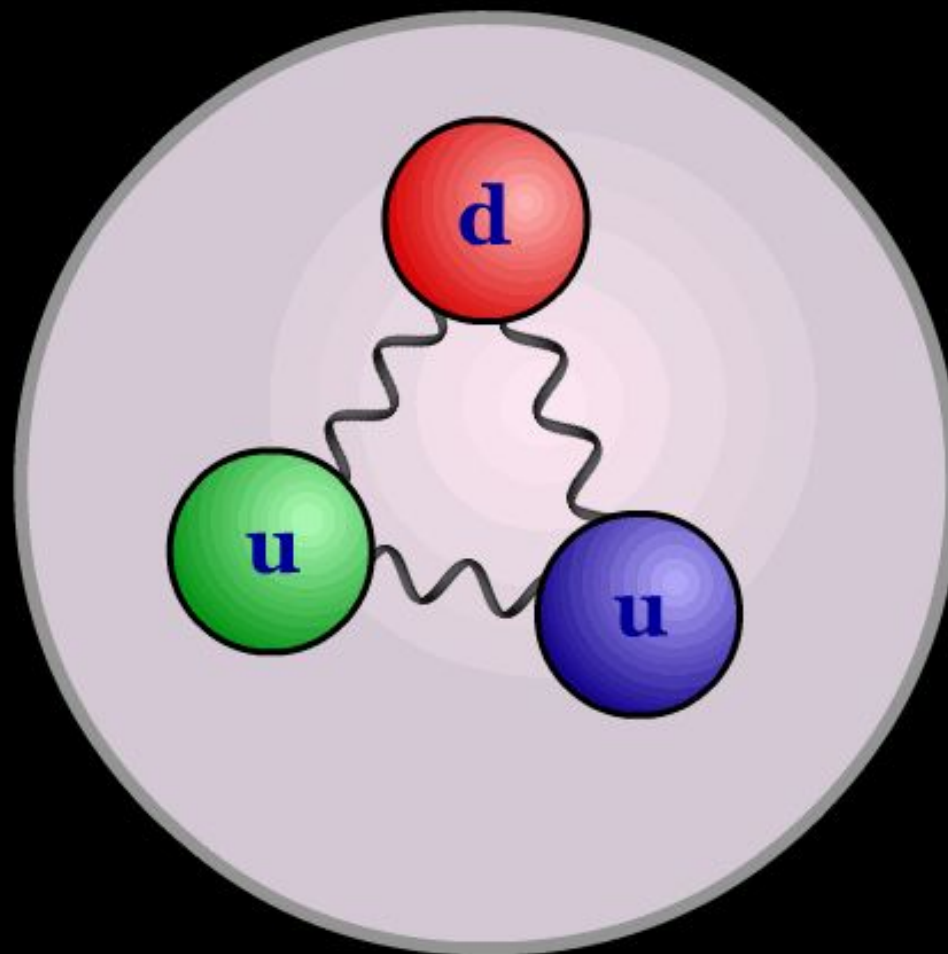


Й. Намбу (Нобелевская премия 2008 г.)

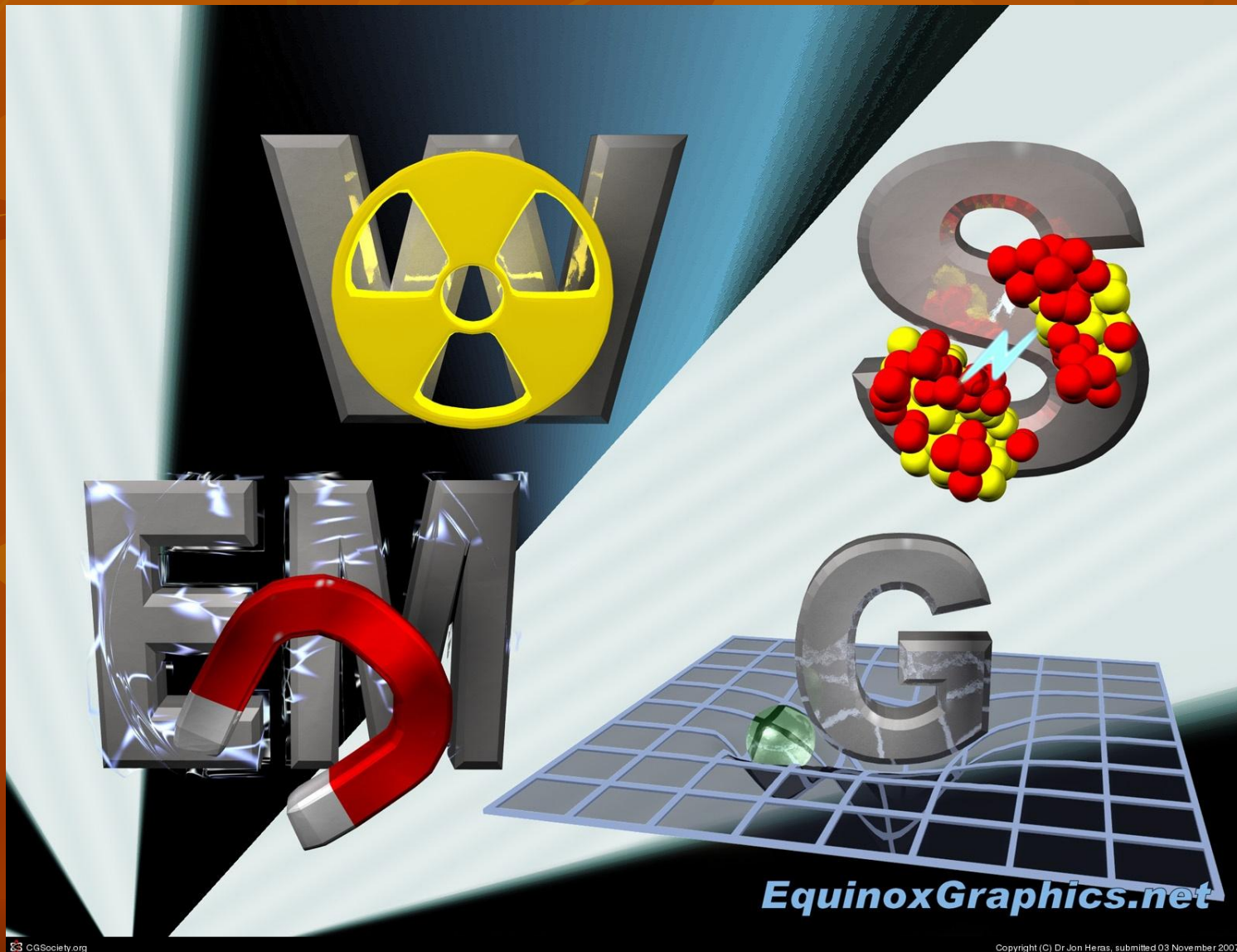
Квантовая хромодинамика



Модель протона



Виды взаимодействий



Why'd you ignore
the guy who just
walked past?



e^-



I do not interact
with other photons!



Стандартная модель



Фундаментальные частицы Стандартной Модели

e^- (1897) μ^- (1937) τ^- (1975)

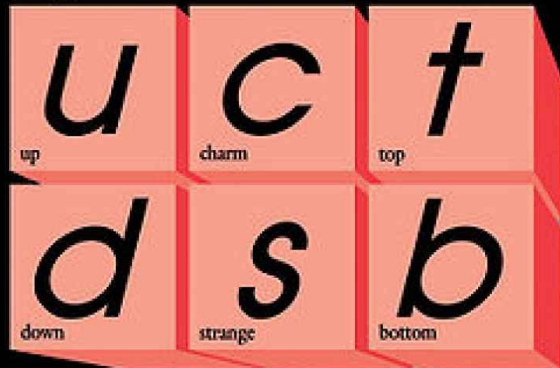
ν_e (1956) ν_μ (1962) ν_τ (2000)

u (1963) c (1974) t (1995)

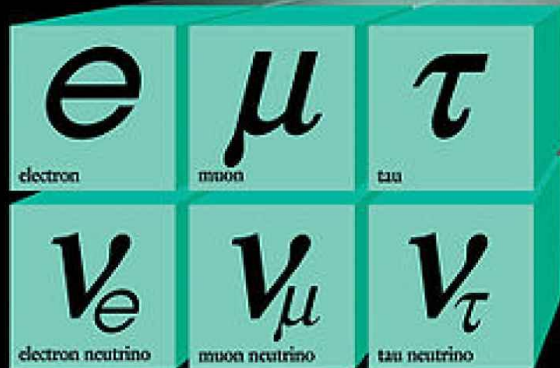
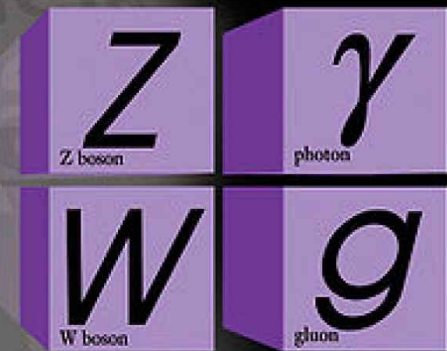
d (1963) s (1963) b (1977)

$8g, \gamma, W^+, W^-, Z$

Quarks

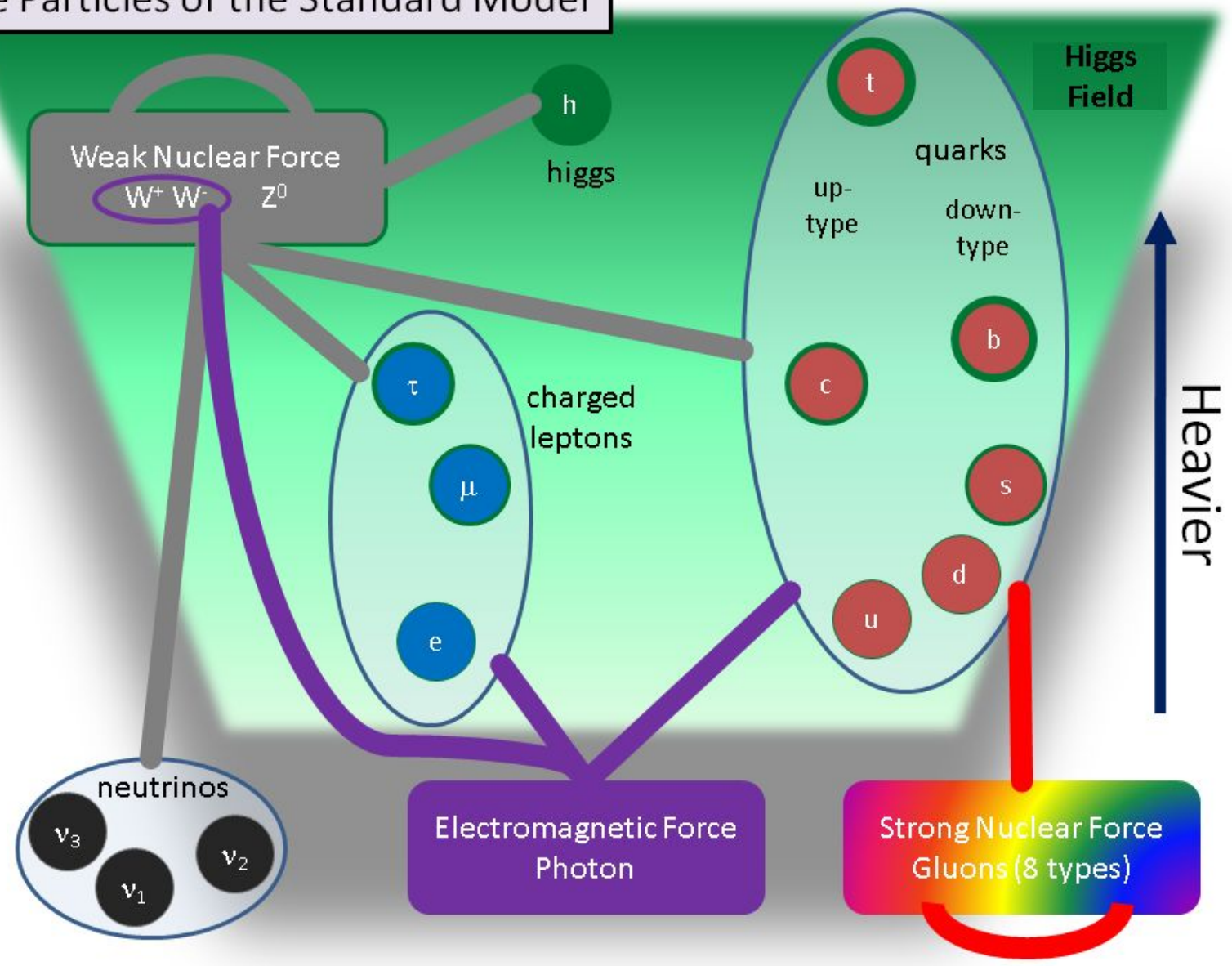


Forces



Leptons

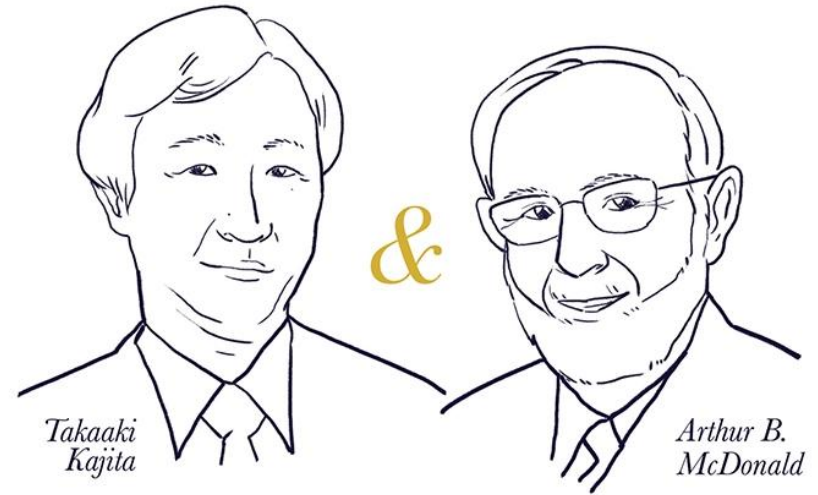
The Particles of the Standard Model



Масса нейтрино

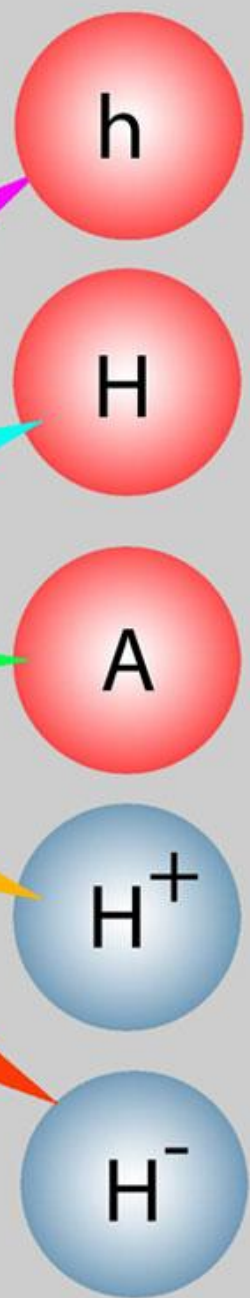


2015 NOBEL PRIZE
in Physics



NEUTRINO OSCILLATIONS
The discovery of these oscillations shows that neutrinos have mass.

Standard Model
Prediction



MSSM Higgs Boson Predictions

