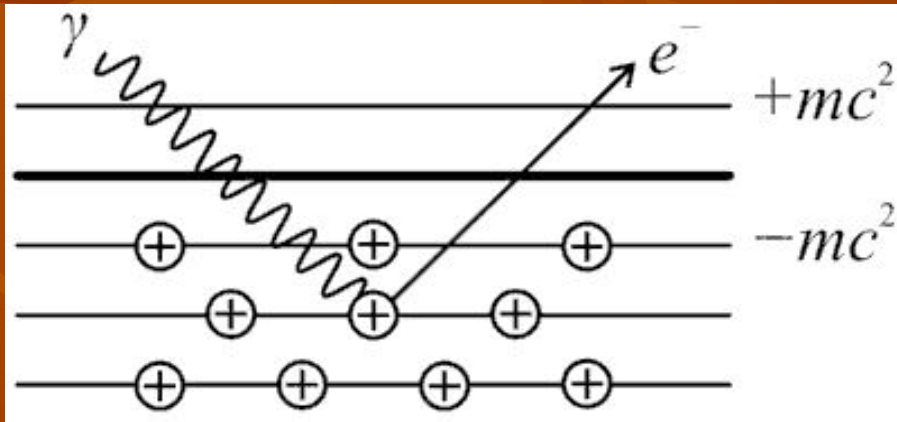


# Собираем пазл материи. Фундаментальные частицы

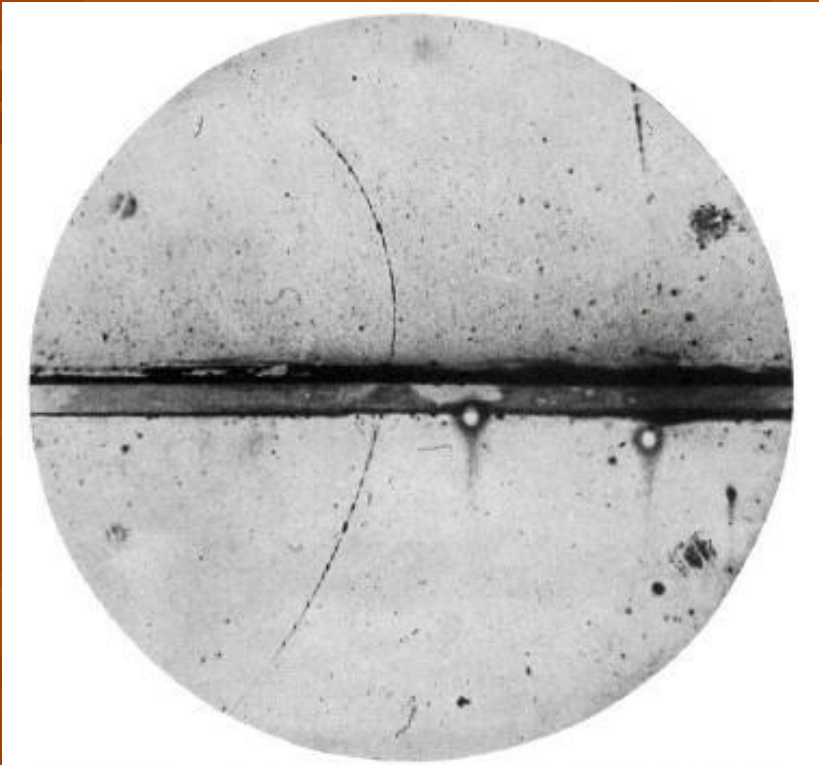


# Античастицы (П.Дирак, 1928 г.)



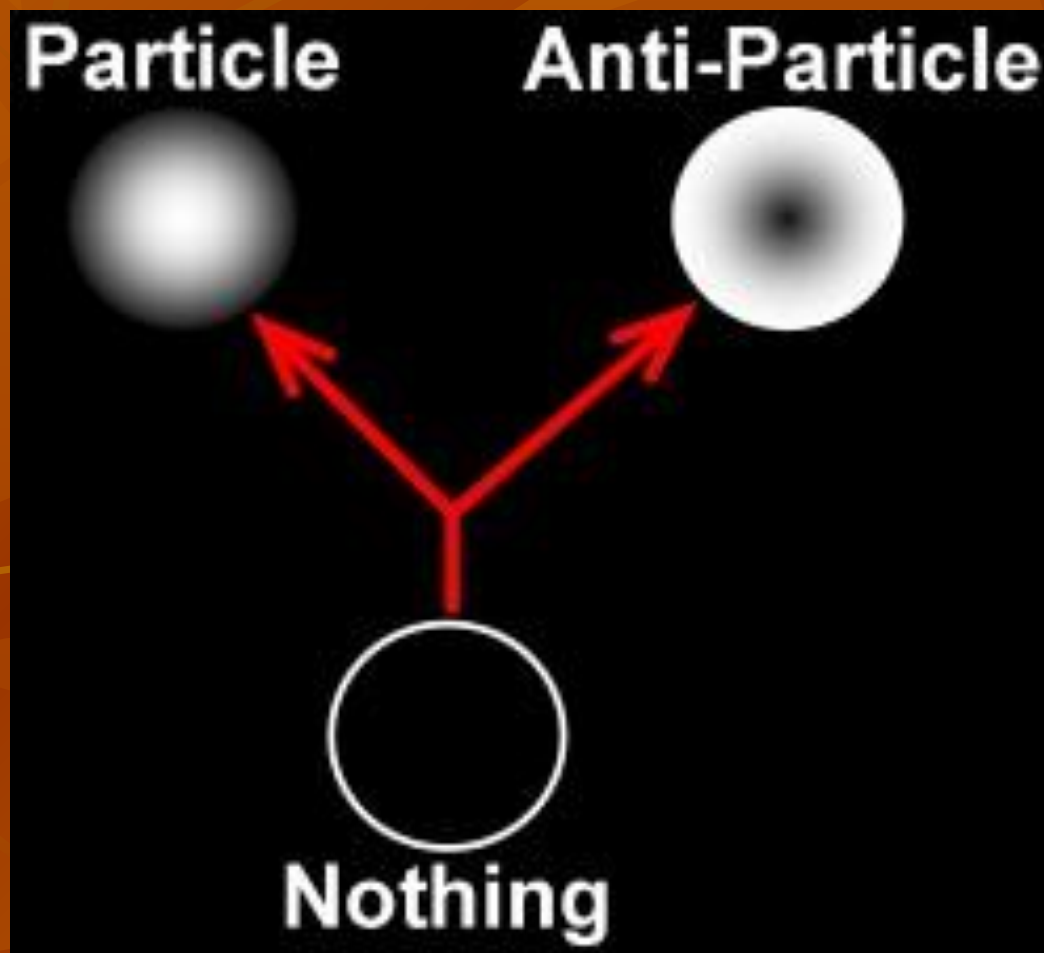
Нобелевская премия 1933 г.

# Открытие позитрона (К. Андерсон, 1932)



Нобелевская премия 1936 г.

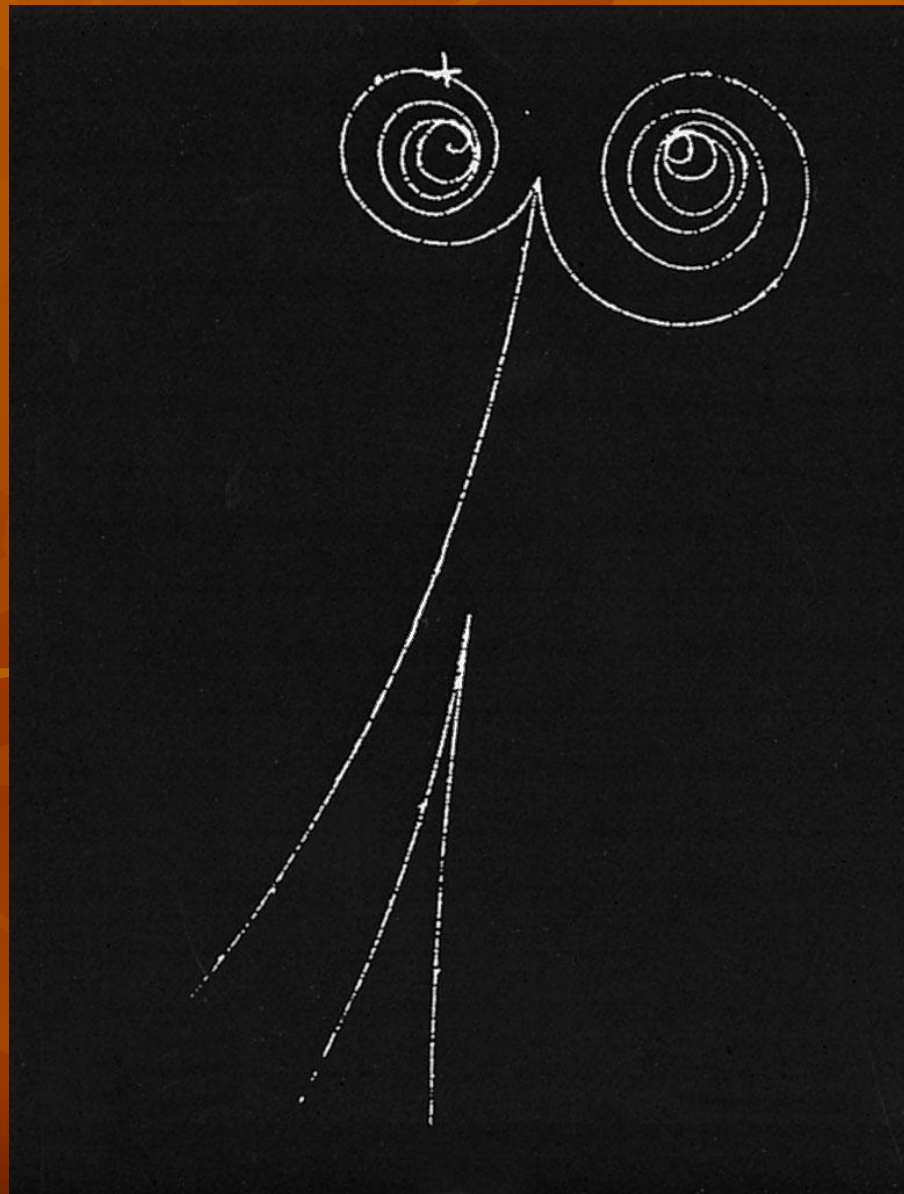
# Частица-античастица



# Открытия частиц

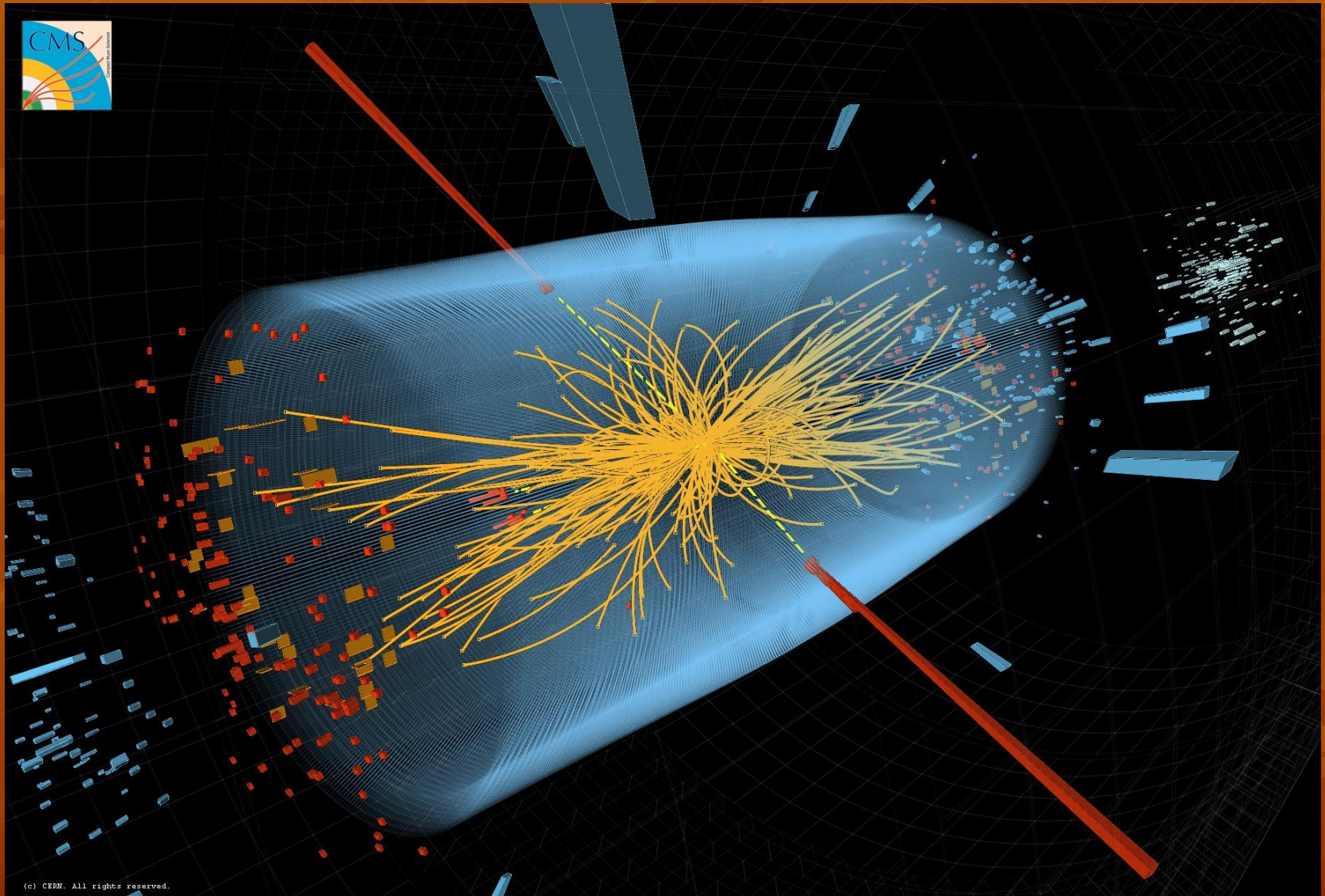
- 1919 г.-протон (Э.Резерфорд)
- 1932 г.- нейтрон (Д.Чэдвик) и позитрон (К.Андерсон)
- 1937 г.-мюон (К.Андерсон и др.)
- 1947 г.-пион (С.Пауэлл и др.), странные частицы (Д.Рочестер, К.Батлер)
- 1955 г. –антипротон (Э.Сегрэ, О.Чемберлен и др.)
- 1956 г.-электронное антинейтрино (Ф.Райнес, К.Коуэн)
- 1960 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

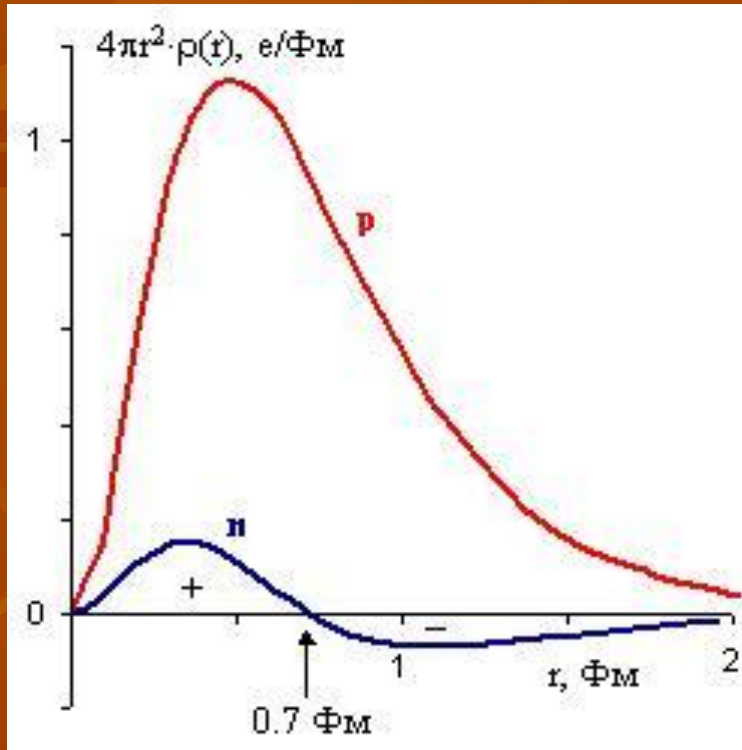




# Рождение частиц

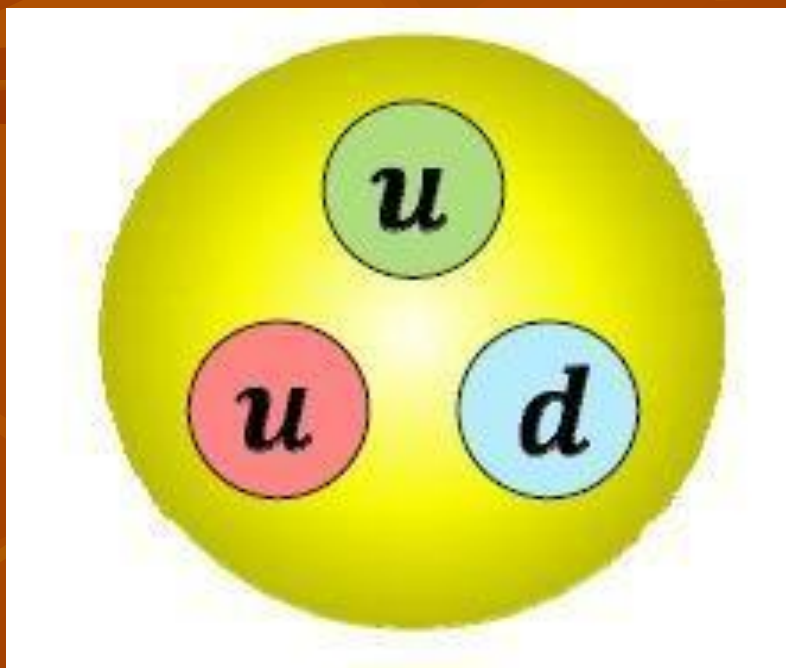


# Структура нуклона (Р.Хофштадтер, 1957г.)



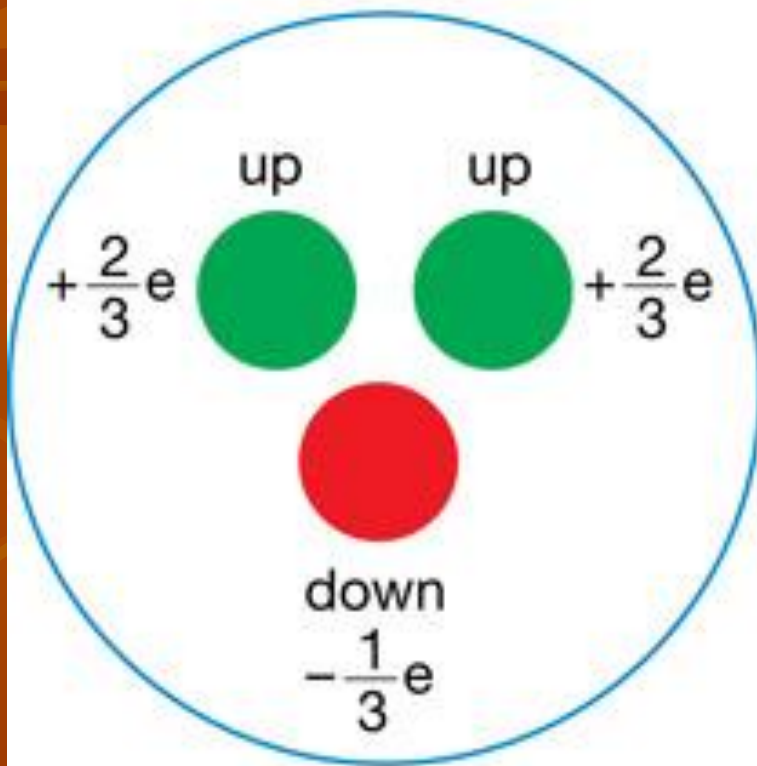


# Кварки (М.Гелл-Манн, Д.Цвейг, 1963 г.)



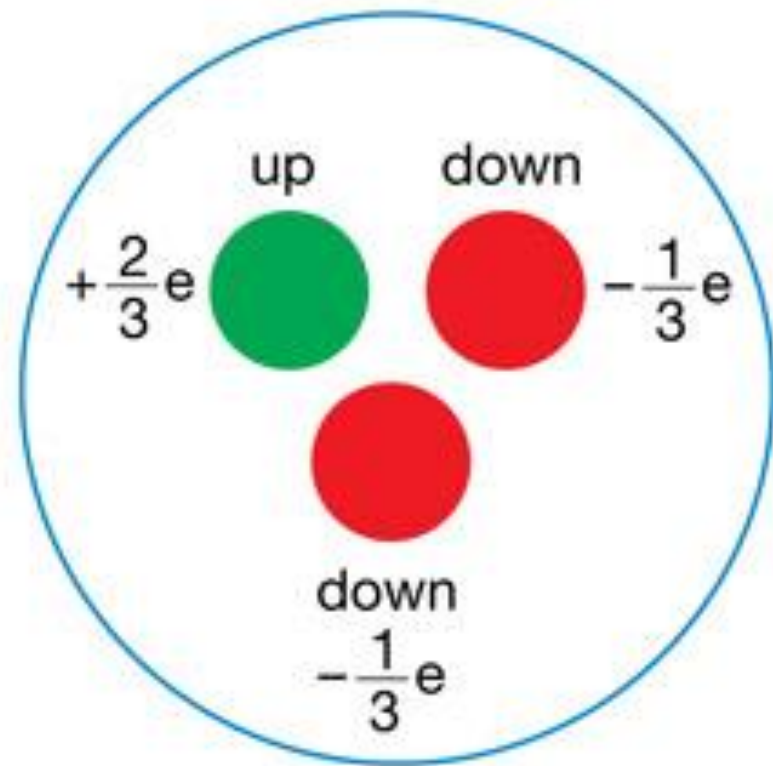
# Структура нуклона

Proton



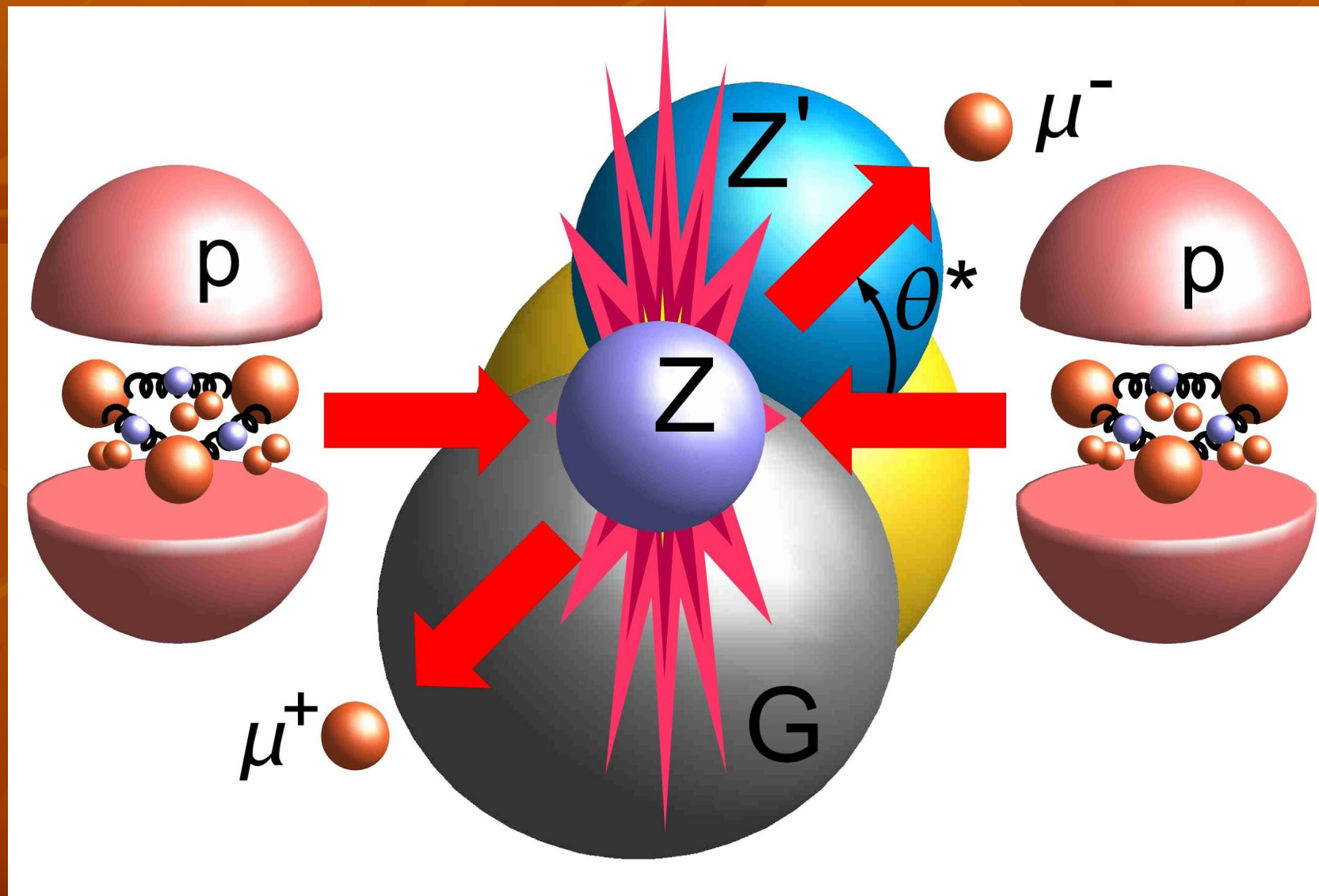
$$\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = +1$$

Neutron

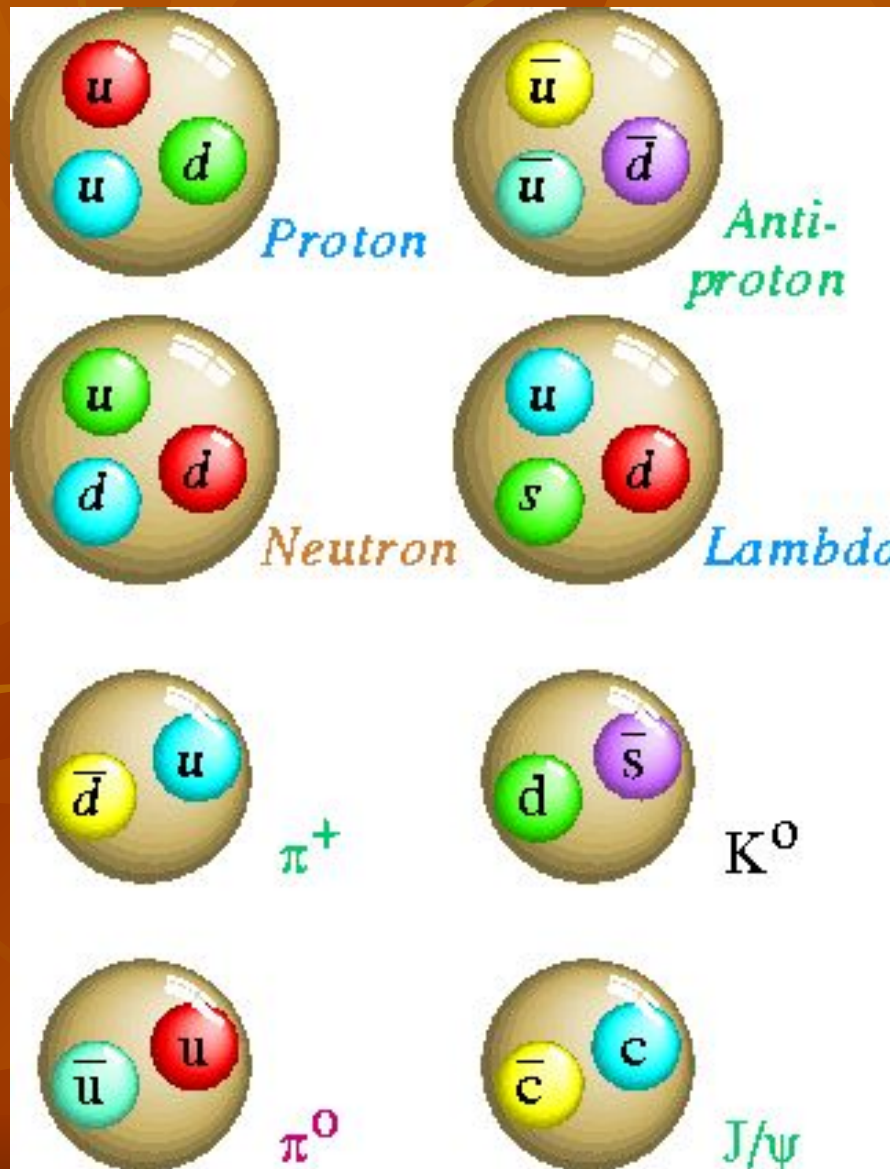


$$\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = +1$$

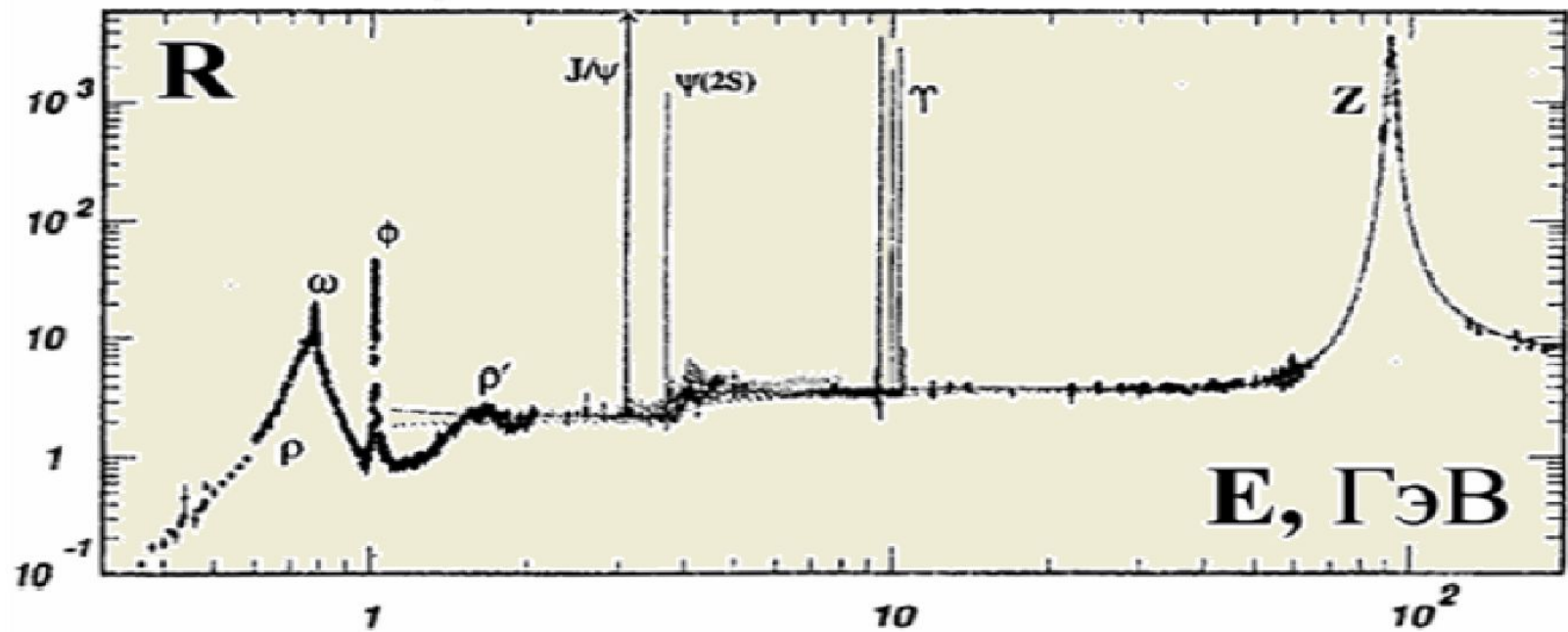
# Рождение частиц



# 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.

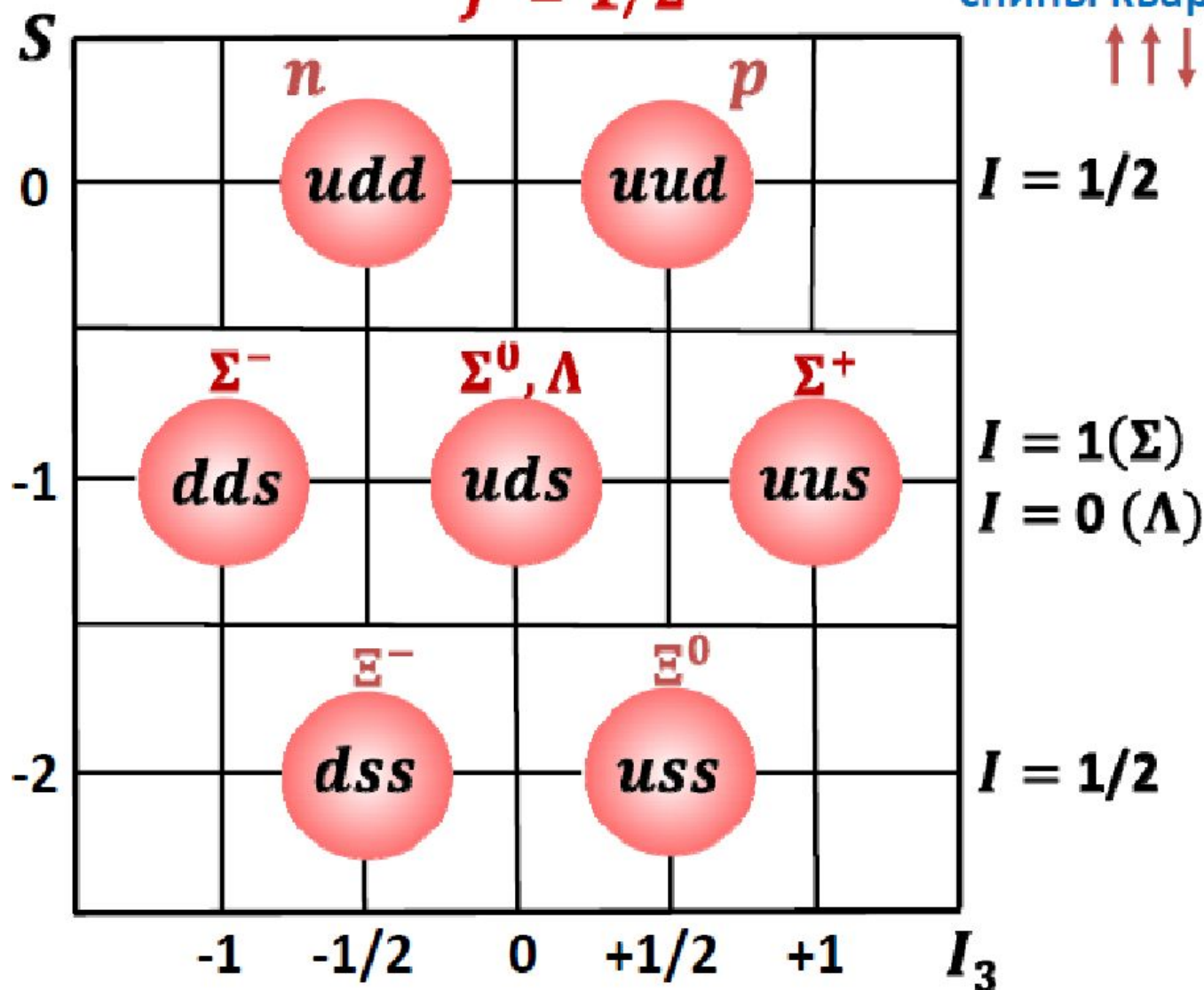
Для всех кварков  $J^P \equiv 1/2^+$  и барионный заряд  $B \equiv 1/3$

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



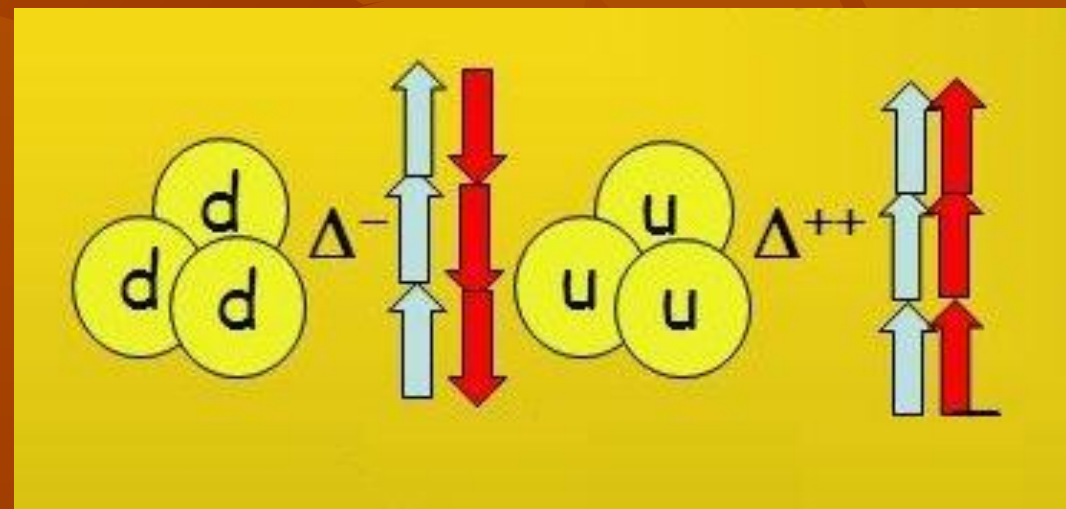


# Принцип Паули.

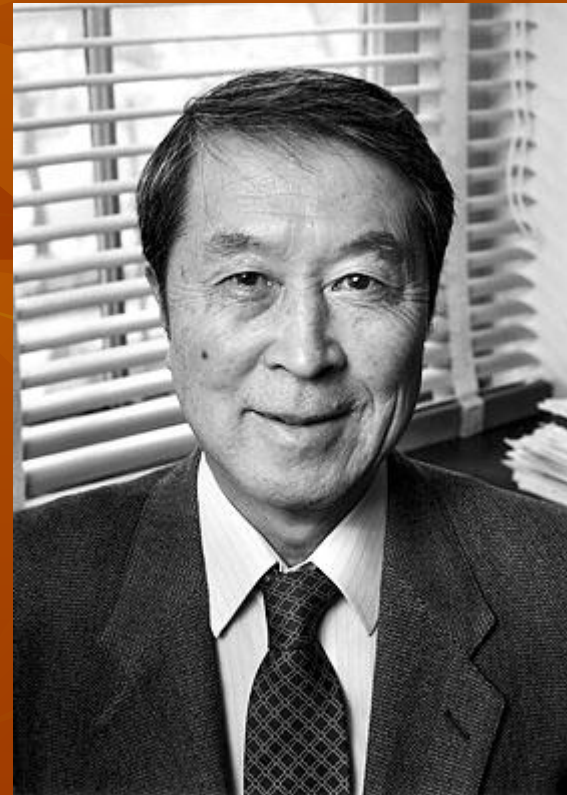
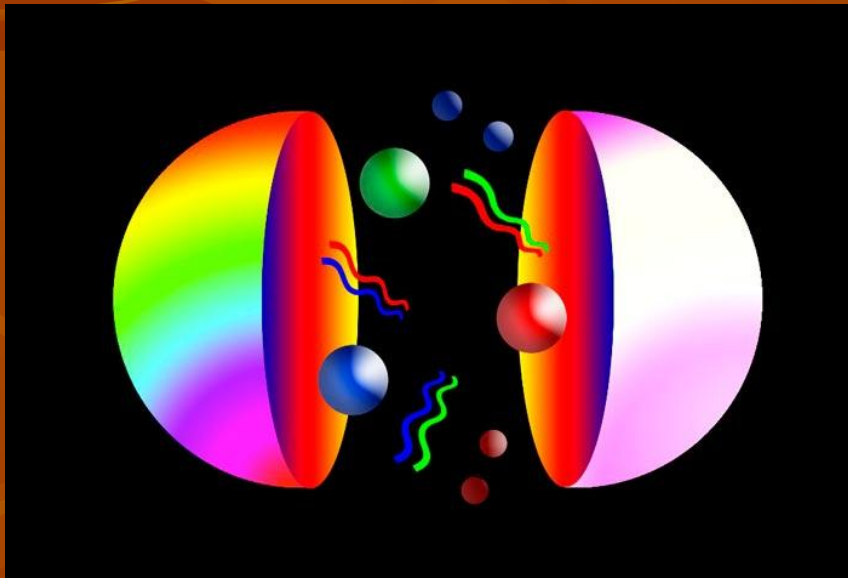




# Принцип Паули

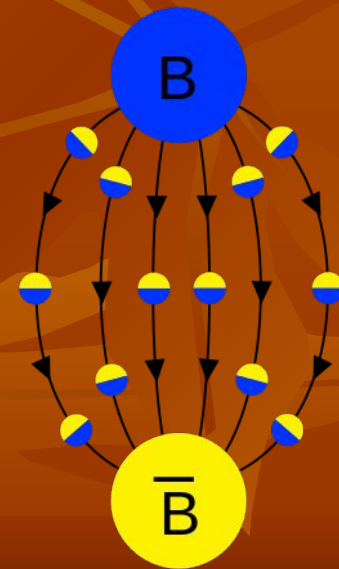
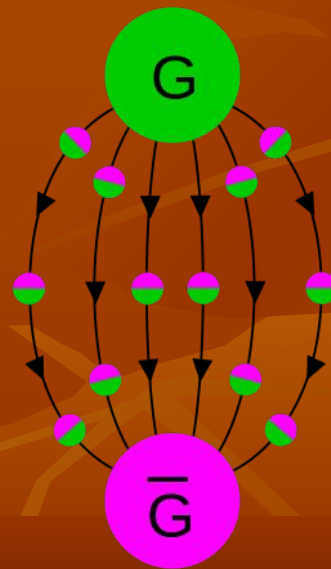
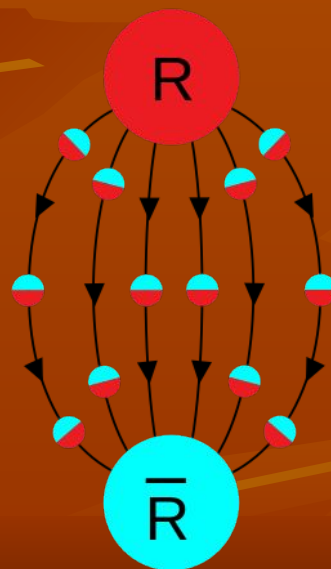
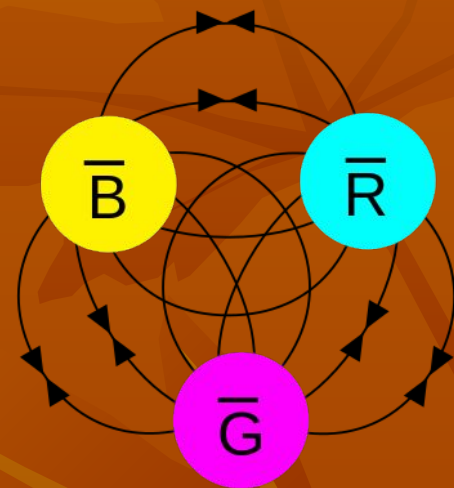
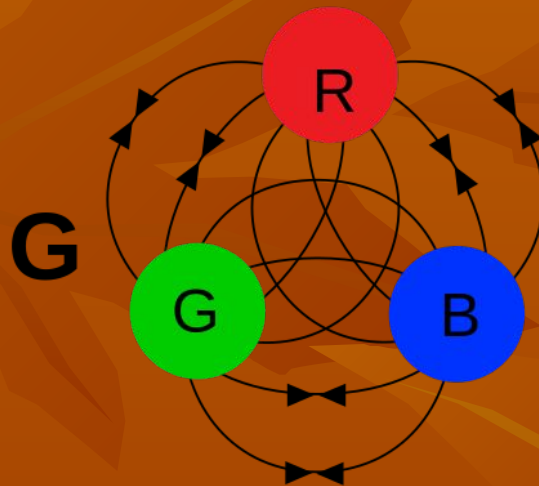
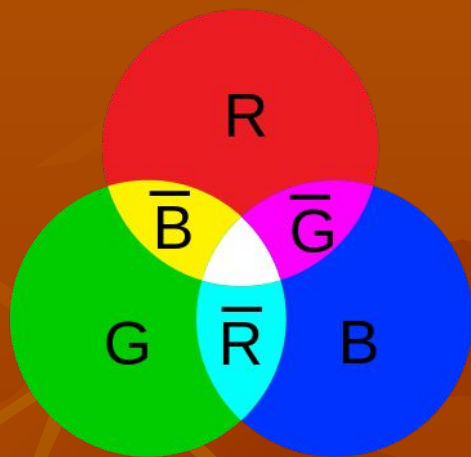


# Цвет (1965 г.)

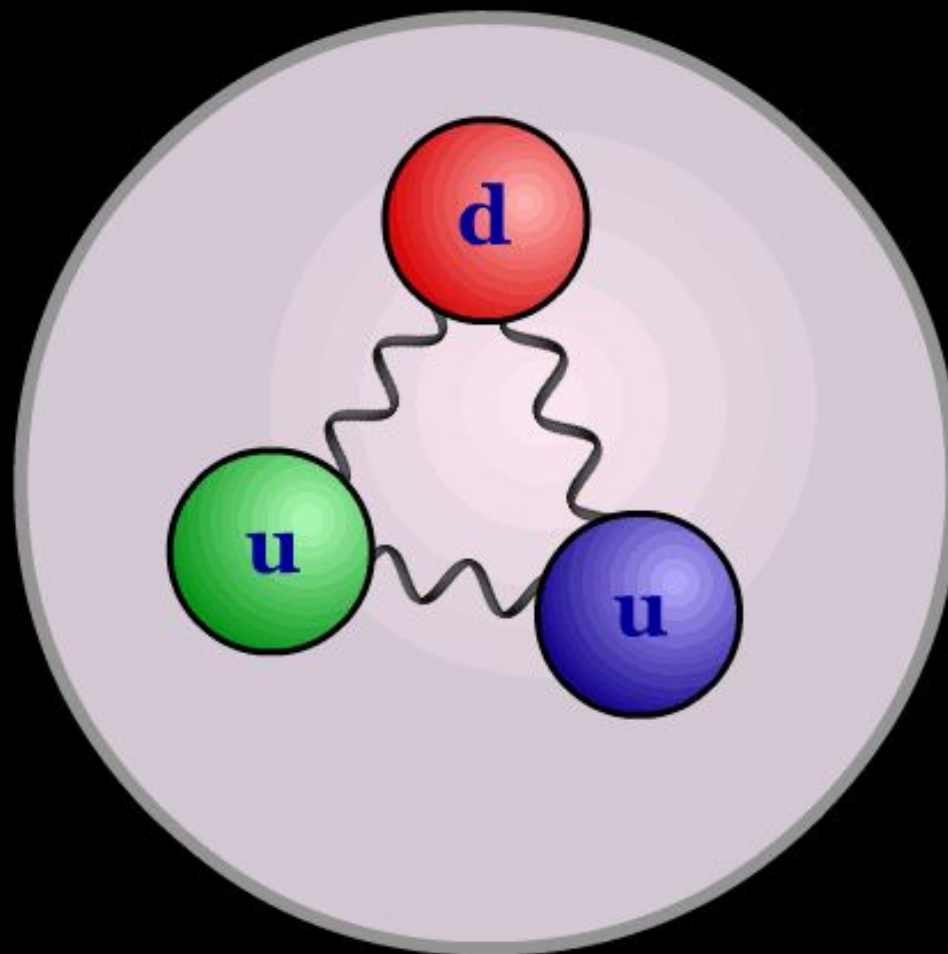


Й. Намбу (Нобелевская премия 2008 г.)

# Квантовая хромодинамика

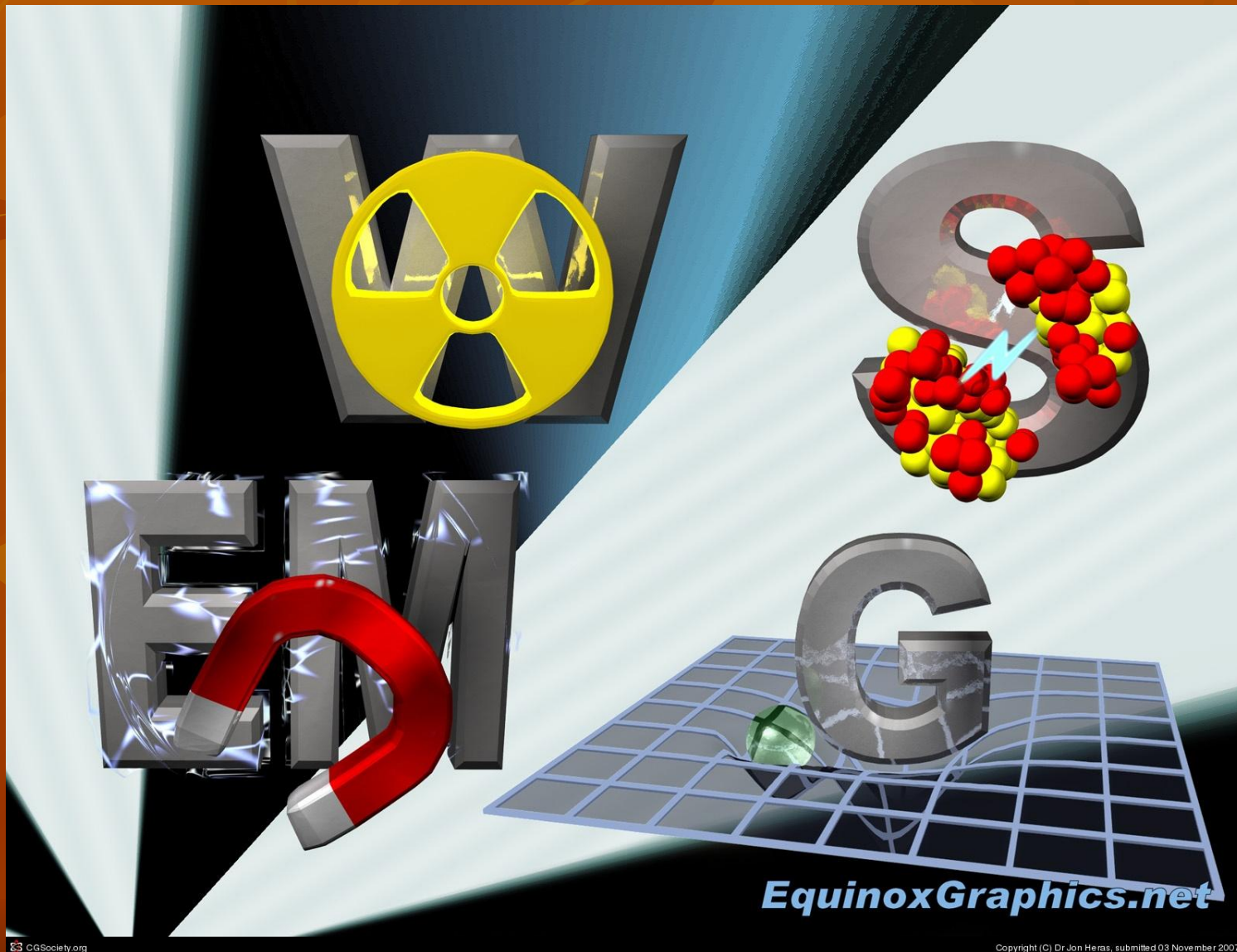


# Модель протона





# Виды взаимодействий





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

I do not interact  
with other photons!



# Стандартная модель



# Фундаментальные частицы Стандартной Модели

$e^-$  (1897)     $\mu^-$  (1937)     $\tau^-$  (1975)

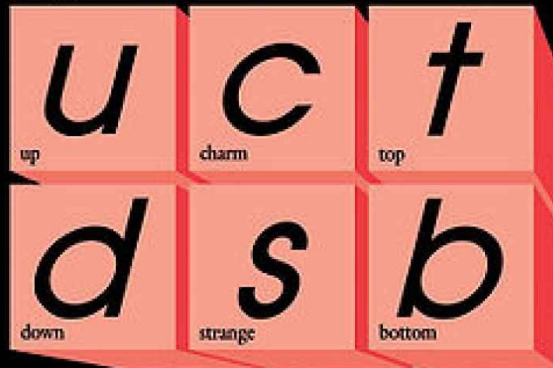
$\nu_e$  (1956)     $\nu_\mu$  (1962)     $\nu_\tau$  (2000)

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

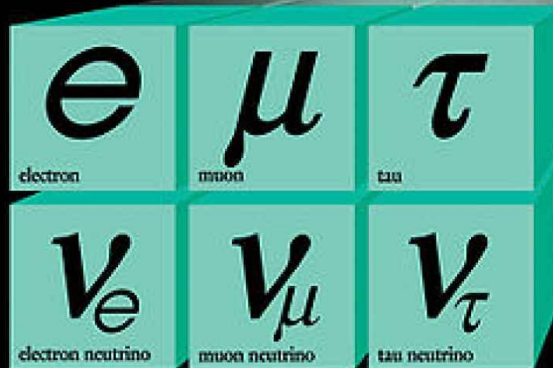
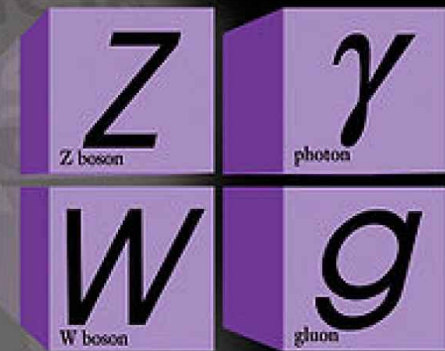
$d$  (1963)     $s$  (1963)     $b$  (1977)

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

# Quarks

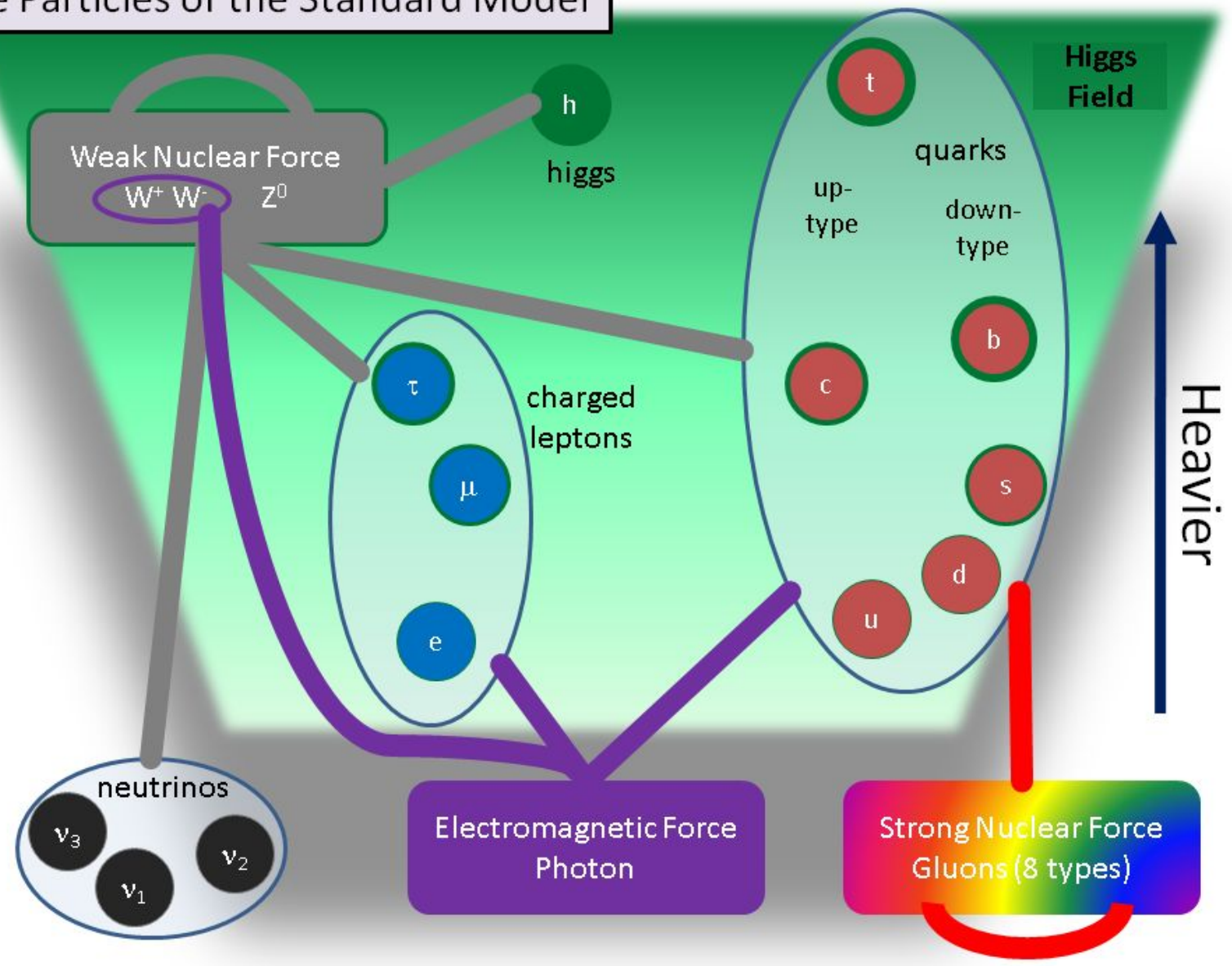


# Forces



# Leptons

# The Particles of the Standard Model

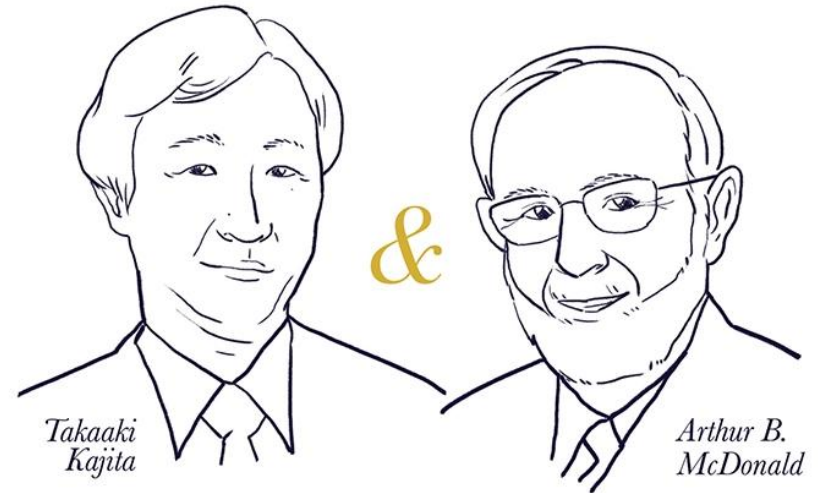




# Масса нейтрино

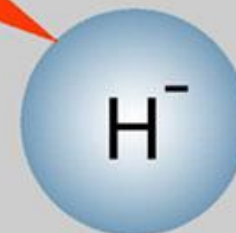
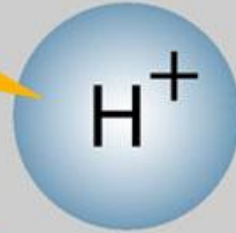
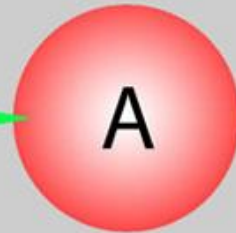
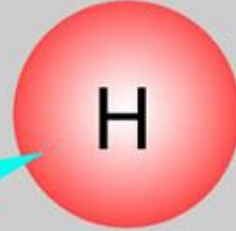
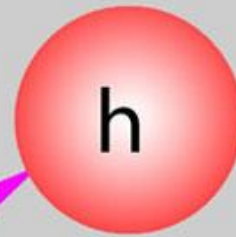


2015 NOBEL PRIZE  
*in Physics*



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

Standard Model  
Prediction



MSSM Higgs Boson Predictions

