

Лекция 1.2

«Элементарные частицы»

- 1. Основные закономерности в физике частиц**
- 2. Сохранения обобщенных зарядов**
- 3. Характеристик разных классов частиц**
- 4. Частицы-резонансы**
- 5. Модель кварков**
- 6. Кварковые состояния нуклонов**
- 7. Кварковые состояния мезонов**
- 8. Глюоны**
- 9. Поиск кварков**
- 10. Характеристики стандартной модели.**

Сохранения обобщенных зарядов: Z, L, B, S

Полный электрический заряд

$$\gamma + Ze \rightarrow e^+ + e^- + Ze;$$

$$\mathbf{Z: \quad Z = +1 - 1 + Z}$$

Полный лептонный заряд

$$e^-, \mu^-, \nu_e, \nu_\mu \quad \text{Лептоны: (L=+1)}$$



$$n \rightarrow p^+ + e^- + \tilde{\nu}$$

$$\mathbf{L: \quad 0 = 0 + 1 + (-1)}$$

Полный барионный заряд

$$p^+, n, \dots \quad \text{Барионы: (B=+1)}$$

$$p^+ + {}^{16}_8O \rightarrow \alpha^{++} + X$$

$$\mathbf{B: \quad 1 + 16 = 4 + [13]}$$

$$X \equiv {}^{13}_7N$$

Странность

$$p^+ + p^+ \rightarrow \Lambda^0 + K^+ + p^+$$

$$\mathbf{S: \quad 0 + 0 = -1 + 1 + 0}$$

Основные закономерности в физике частиц

Способность рождаться в процессе взаимодействия

$$e + p^+ \rightarrow \gamma + e + p^+$$

Способность видоизменяться

$$n \rightarrow p^+ + e^- + \tilde{\nu}$$

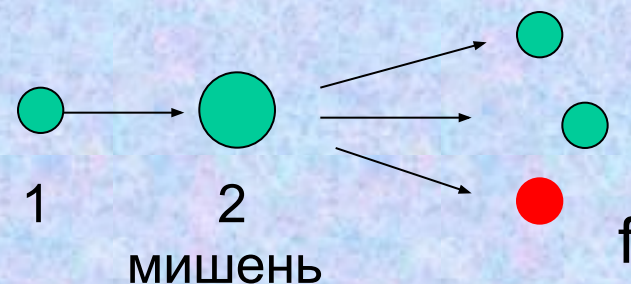
Сохранения обобщенных зарядов: Z, B, L

Энергетический порог рождения новой частицы (m_x)

$$m_1 + m_2 \geq m_3 + m_4 + m_x$$

$$T_1^{\min} = \frac{(\sum_f m_f c^2)^2 - (\sum_i m_i c^2)^2}{2m_2^2}$$

мишень



Сохранения обобщенных зарядов в разных типах взаимодействий

Взаимодействие	Δz	ΔB	ΔL	ΔI	ΔS
Сильное	0	0	0	0	0
Эл/магнитное	0	0	0	0	0
Слабое	0	0	0	0, ± 1	0



Каскадный

распад

гиперона

($\Delta S = -1$)

$\square p^+ + \pi^-$

$S = -3$

Ω^- \square

$|S = -2$

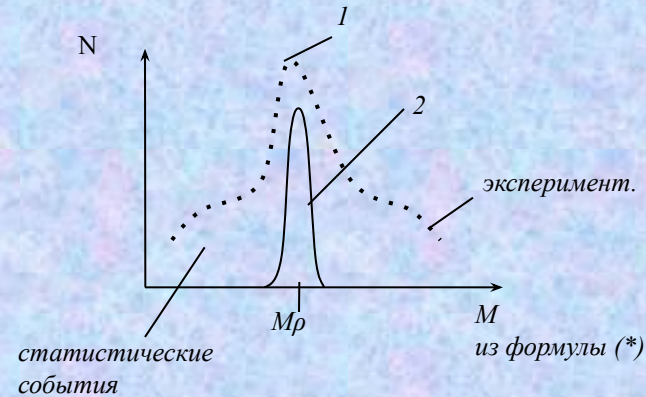
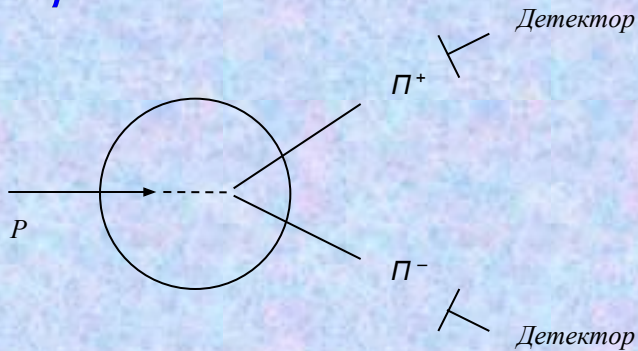
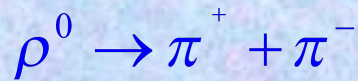
$\square \Lambda^0 + \pi^-$

$|S = -1$

$\Xi^- + \pi^0$

В замкнутой системе алгебраическая сумма отдельных типов «зарядов» сохраняется

Частицы-резонансы



$$\vec{p}_\rho = \vec{p}_{\pi^+} + \vec{p}_{\pi^-}$$

$\vec{p}_\rho = \vec{p}_{\pi^+} + \vec{p}_{\pi^-}$ — знаем из эксперимента

$$E_\rho = E_{\pi^+} + E_{\pi^-} \text{ — вычисляем, где } E_{\pi^+} = \sqrt{\left(\vec{p}_{\pi^+}\right)^2 + \left(m_{\pi^+} c\right)^2},$$

E_{π^-} — вычисляется аналогично

$$M_\rho c^2 = \sqrt{E_\rho^2 - \left(\vec{p}_\rho\right)^2}$$

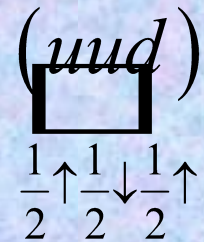
Модель кварков

Квантовые числа кварков B, Z, S

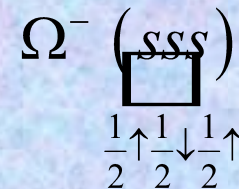
кварк	B_q	Z_q	S (странность)	$\uparrow\downarrow$ S
u	+1/3	+2/3	0	$\uparrow\downarrow$ 1/2
d	+1/3	-1/3	0	$\uparrow\downarrow$ 1/2
s	+1/3	-1/3	-1	$\uparrow\downarrow$ 1/2

Кварковый состав протона (qqq)

Кварковый состав π^+ - мезона ($u\bar{d}$)



Кварковый состав Ω^- -гиперона (qqq)



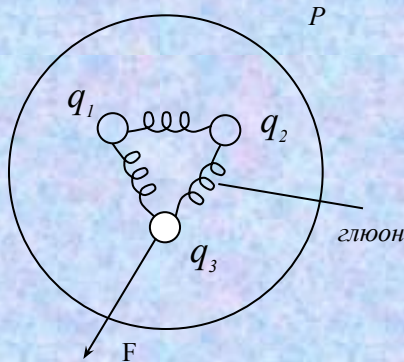
Цветные кварки: **зеленый**, **синий**, **красный**

физические частицы -

бесцветные

Глюоны

Глюоны – переносчики взаимодействия между кварками



glu – клей

кварки в свободном состоянии

принципиально не наблюдаемы

(модель конфайнмента).

Взаимодействие между кварками возрастает с расстоянием подобно растянутой пружине. Отдельные кварки невозможно “вытащить” за пределы протона.

Поиск свободных кварков:

дробный заряд

$$Z_q = +\frac{2}{3}e; -\frac{1}{3}e$$

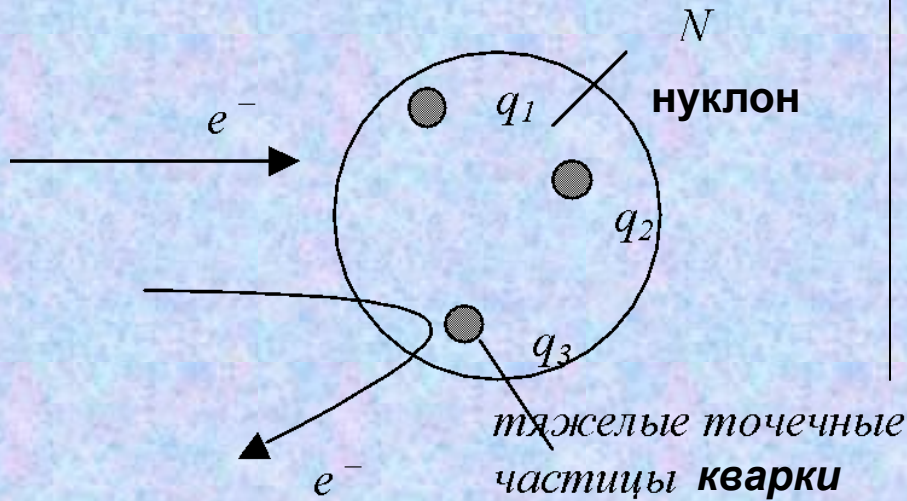
$$\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ион}} \sim Z_{\text{част}}^2$$

$$\frac{\left(\frac{dE}{dx}\right)_q}{\left(\frac{dE}{dx}\right)_p} \sim \frac{(1/3e)^2}{e^2} = 1/9$$

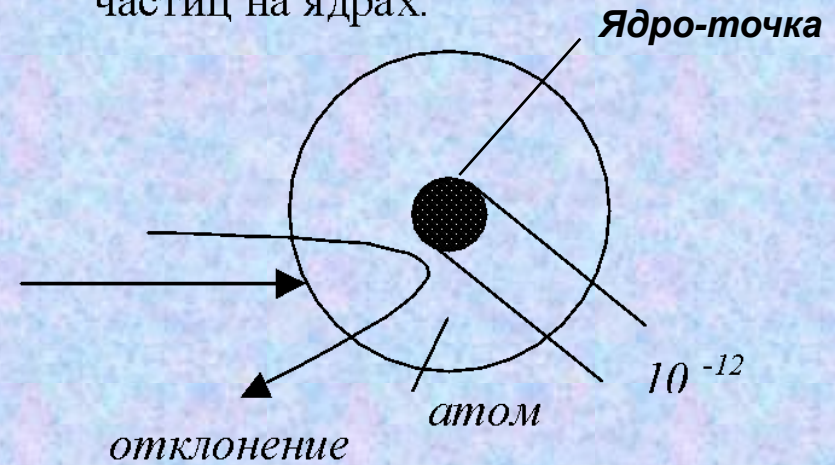
Свободных кварков нет !

Косвенные эксперименты «наблюдения» кварков

Рассеяние быстрых электронов на нуклонах.



Рассеяние α -частиц на ядрах.



На ядрах атомов наблюдались отклонения α -частиц на большие углы – ядро точечное в масштабе атома. Аналогичное распределение по переданным 4-импульсам было при e - p рассеянии. Для зондирования структуры протона использовался пучок высокоэнергичных электронов $\lambda_e < R_N$. Происходило рассеяние на точечных частях (кварках) нуклона.

Характеристики стандартной модели

1974 – 1995 г.г.

Существует две группы (по шесть штук) фундаментальных точечных частиц: лептонов и кварков - из которых строятся все другие частицы

		ЛЕПТОНЫ		КВАРКИ
1	e	электрон	u	up
2	μ	мюон	d	down
3	τ	тау-лептон	s	strange
4	ν_e	нейтрино электронное	c	charm
5	ν_μ	нейтрино мюонное	b	bottom (beauty)
6	ν_τ	тау-нейтрино	t	top

Характеристики стандартной модели

Характеристики кварков

кварки:	d	u	s	c	b	t
$Z_q -$	<u>-1/3</u>	<u>+2/3</u>	<u>-1/3</u>	+2/3	-1/3	+2/3
I заряд	1/2	1/2	0	0	0	0
Изотоп спин	-1/2	1/2	0	0	0	0
S проекция изотоп спина	0	0	-1	0	0	0
C странность	0	0	0	-1	0	0
B чармность	0	0	0	0	-1	0
T -	0	0	0	0	0	-1
$m_0, \text{ГэВ}$	0,33	0,33	0,51	1,8	5,0	180

Взаимодействие

Сильное
Эл/магнитное
Слабое

переносчик

g - (несколько разных глюонов – 8 шт.)
W, Z, γ -квант
бозоны