

ОБЩАЯ ФИЗИКА
ЛЕКЦИЯ №26
ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

(Для студентов элитного технического отделения ЭТО-2)



Фундаментальные взаимодействия



<i>NN</i>	Тип взаимодействия	Механизм взаимодействия	Константа взаимодействия	Время жизни τ, c	Радиус взаимодействия r, m
1	Адронное (цветовое)	обмен глюонами	10	10^{-23}	10^{-15}
2	Электромагнитное	обмен фотонами	1/137	10^{-16}	∞
3	Слабое	обмен промежуточными векторными бозонами W^{\pm}, Z^0	10^{-14}	10^{-8}	10^{-18}
4	Гравитационное	обмен гравитонами	10^{-39}	—	∞

Фундаментальные взаимодействия



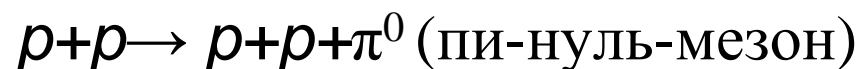
Фермионы – источники полей

*Бозоны–переносчики
взаимодействий*

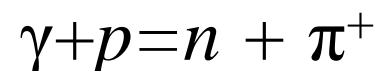


- **Общие свойства и особенности элементарных частиц**

1. **Способность элементарных частиц рождаться и уничтожаться при взаимодействии с другими частицами**



$E = E_0 + T$ — формула Эйнштейна



2. **Многочисленность и нестабильность элементарных частиц**

Всего более **400**.

Время жизни: от 10^{-24} с до ∞

Классификация элементарных частиц



Первая группа – фотон → принимает участие в электромагнитных взаимодействиях

Вторая группа – лептоны → принимают участие в слабых и электромагнитных взаимодействиях

Третья группа – адроны (барионы, мезоны, барионные и мезонные резонансы) → принимают участие в сильных (цветовых), слабых и электромагнитных взаимодействиях

Динамические переменные

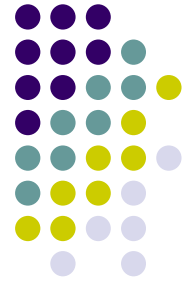
Элементарные динамические переменные

1. *Время t*

2. *Координаты x, y, z*

3. *Спин s* $L_s = \sqrt{s(s + 1)}\hbar$

Остальные динамические переменные являются функциями от них.



Квантовые заряды

1. Барионный заряд B
2. Цвет X
3. Лептонный электронный заряд L_e
4. Лептонный мюонный заряд L_μ
5. Лептонный таонный заряд L_τ





Квантовые заряды

- 6. Странность S
- 7. Правда t
- 8. Красота (прелесть) b
- 9. Очарование (шарм) C

Все квантовые заряды кроме электрического не являются источниками каких-либо силовых полей и служат для характеристики способности элементарных частиц участвовать в том или ином взаимодействии

Античастицы



Античастицы, как правило, обозначаются той же буквой что и частицы, но со знаком «тильда» над ней

$$\tilde{p} \quad B = -1, q = -1$$

Аннигиляция

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

Свойства квантовых зарядов всех видов



1. Заряды частиц и античастиц одинаковы по величине и противоположны по знаку
2. Все квантовые заряды аддитивны
3. Лоренц-инвариантность— заряд не зависит от скоростей частиц и системы отсчета, относительно которой он рассматривается.
4. Квантовые заряды не имеют классического аналога. Поэтому их часто называют квантовыми числами

Законы сохранения



Первая группа: законы сохранения динамических переменных

1. Закон сохранения импульса системы частиц $p = \text{const}$

2. Закон сохранения полной механической энергии $E = \text{const}$

3. Закон сохранения полного момента количества движения

$$\vec{L}_L + \vec{L}_S = \text{const}$$

Законы сохранения



Вторая группа : **законы сохранения квантовых зарядов**

4. Закон сохранения электрического заряда: $q = \text{const}$
5. Закон сохранения барионного заряда: $B = \text{const}$
6. Закон сохранения лептонного электронного заряда: $L_e = \text{const}$
7. Закон сохранения лептонного мюонного заряда: $L_\mu = \text{const}$
8. Закон сохранения лептонного таонного заряда: $L_\tau = \text{const}$
9. *Закон сохранения странности: $S = \text{const}$*

Фундаментальные элементарные частицы-кварки



Типы(ароматы) кварков

Поколения	I	II	III	Заряд q (в e)
Верхние кварки	u	c	t	$+2/3$
Нижние кварки	d	s	b	$-1/3$

Характеристики кварков



Аромат	M_0 (МэВ)	q	B	S	C	b	t	s
u	5	+2/3	1/3	0	0	0	0	1/2
d	7	-1/3	1/3	0	0	0	0	1/2
s	150	-1/3	1/3	-1	0	0	0	1/2
c	1300	+2/3	1/3	0	+1	0	0	1/2
b	5000	-1/3	1/3	0	0	+1	0	1/2
t	20000	+2/3	1/3	0	0	0	+1	1/2

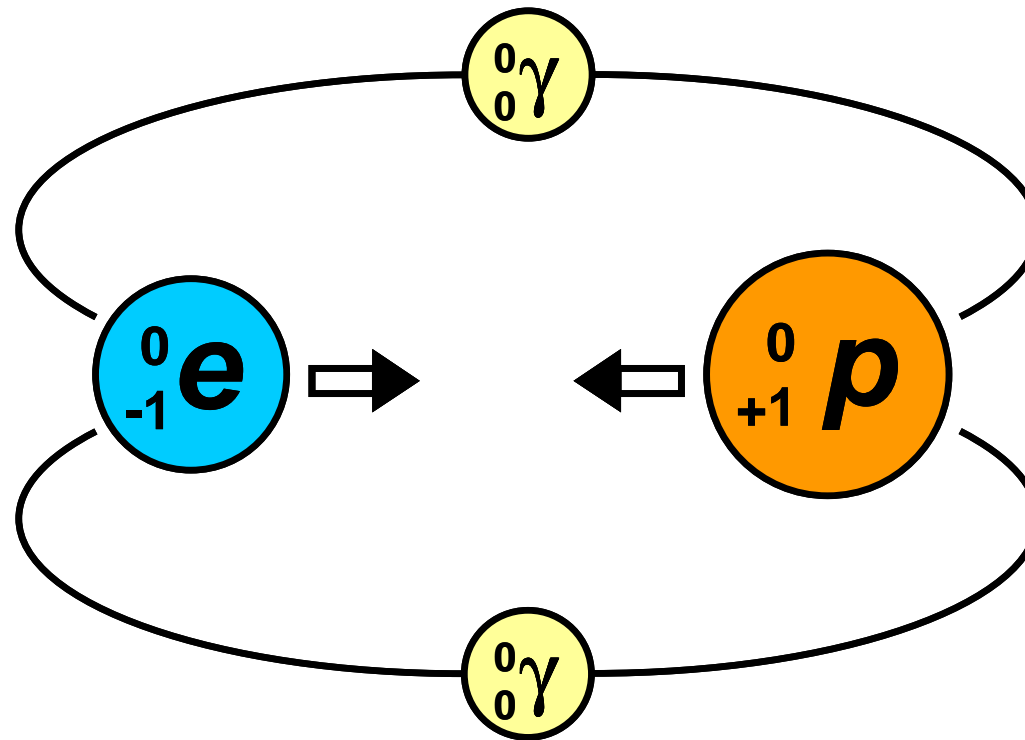
Глюоны. Глюонное поле



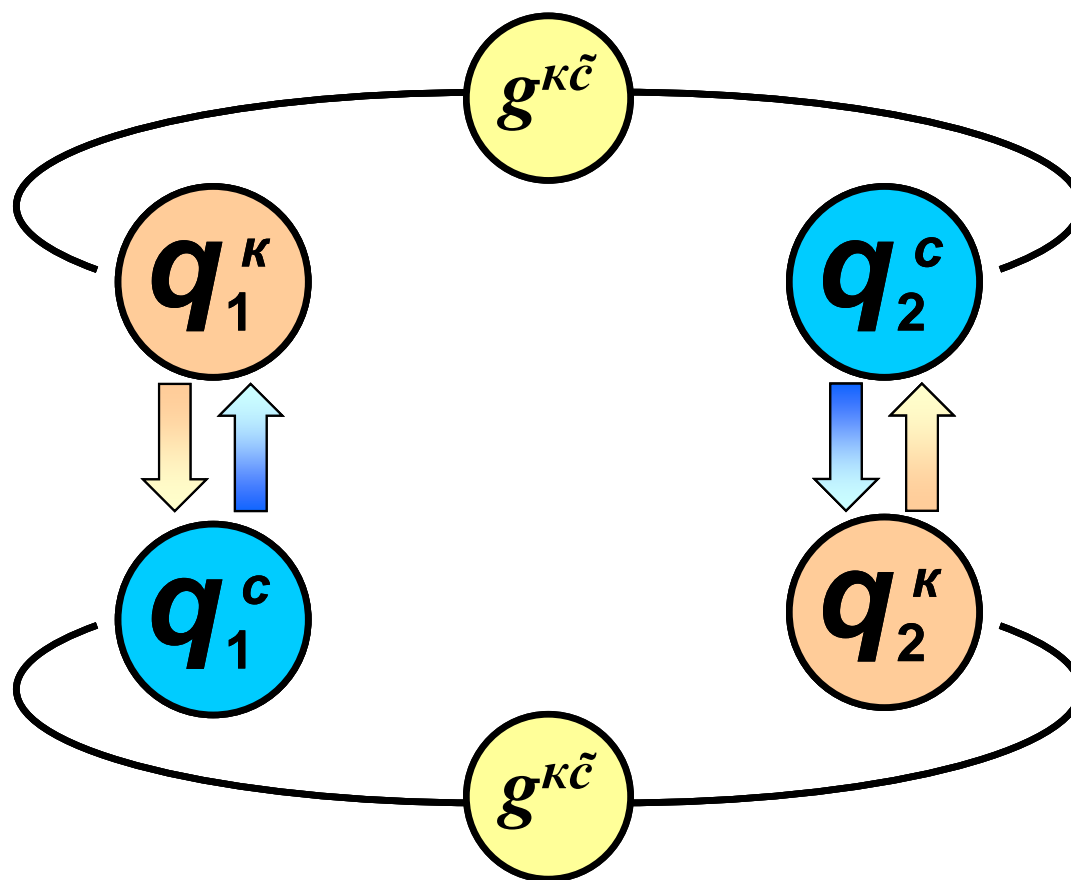
Анти- цвет Цвет	\tilde{k}	\tilde{c}	\tilde{s}
k	$k \tilde{k}$	$k \tilde{c}$	$k \tilde{s}$
c	$c \tilde{k}$	$c \tilde{c}$	$c \tilde{s}$
s	$s \tilde{k}$	$s \tilde{c}$	$s \tilde{s}$

Конфаймент кварков—тюремное заключение,
ограничение свободы

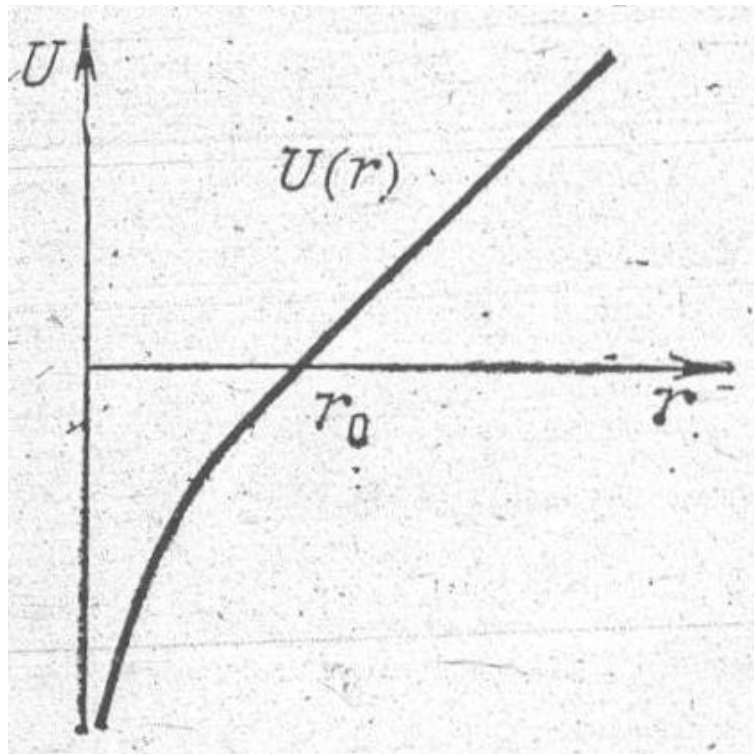
Электромагнитное взаимодействие



Адронное взаимодействие



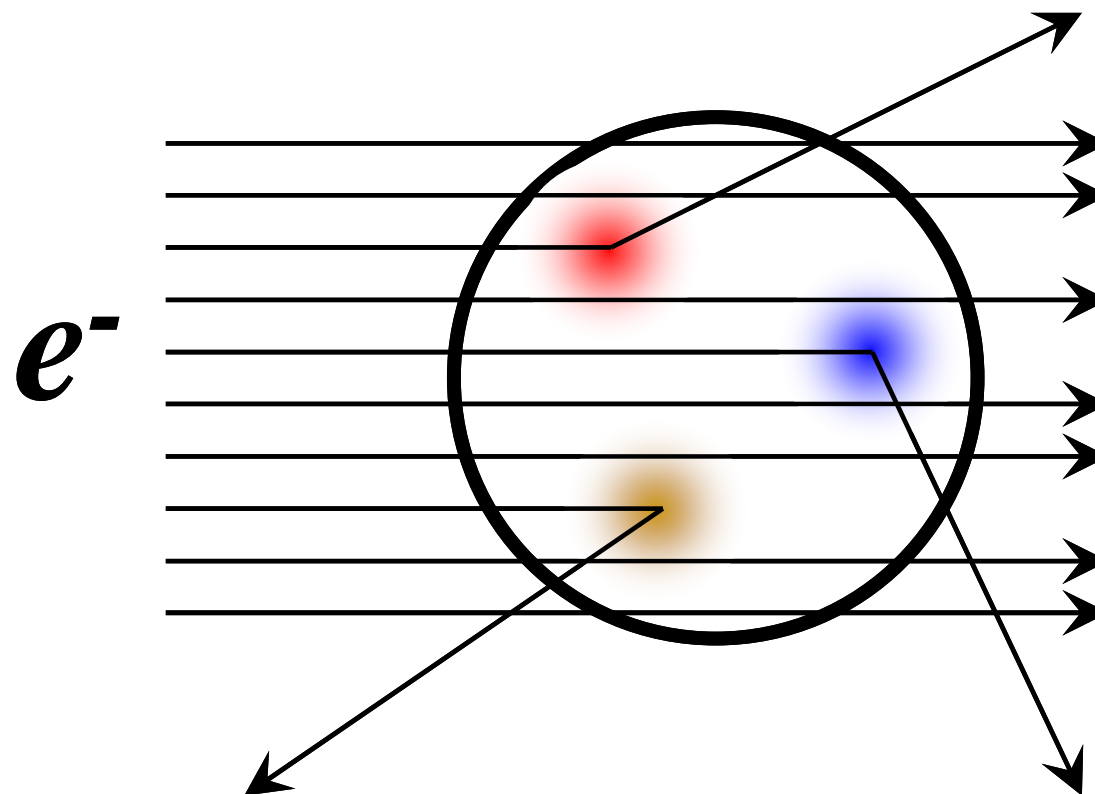
Конфаймент кварков

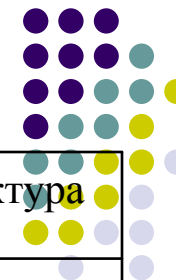


$$U = \alpha r$$

$$F = -\frac{dU}{dr}$$

Три точки сгущения массы внутри протона





Барионы	МэВ	Спин,	q	S	B	Структура
Протон p	938,26	$1/2$	+1	0	1	uud
Нейтрон n	939,55	$1/2$	0	0	1	udd
Лямбда-гиперон, Λ^0	1115,4	$1/2$	0	-1	1	uds
Сигма-плюс гиперон, Σ^+	1189,4	$1/2$	+1	-1	1	uus
Сигма-минус гиперон, Σ^-	1197	$1/2$	-1	-1	1	dds
Сигма-нуль гиперон, Σ^0	1192	$1/2$	0	-1	1	$\{ud\}s$
Кси-минус гиперон, Ξ^-	1321	$1/2$	-1	-2	1	dss
Кси-нуль гиперон, Ξ^+	1314	$1/2$	+1	-2	1	uss
Омега-минус гиперон, Ω^-	1675	$3/2$	-1	-3	1	sss

Мезоны



$u\bar{d}$

	Масса, Мэ В	Спин, s	q, e	S	Структура
Пи-плюс- мезон, π^+	139,6	0	+1	0	$u\bar{d}$
Пи-нуль- мезон, π^0	135,0	0	0	0	$u\bar{u}$ или $d\bar{d}$
К-плюс- мезон, K^+	439,8	0	+1	+1	$u\bar{s}$
К-нуль- мезон, K^0	498,0	0	+1	+1	$d\bar{s}$
Эта-нуль- мезон, η^0	548,8	0	0	0	$\{u\bar{u}\}$ или $\{d\bar{d}\}$



Лептоны

τ_L

Семейство ЛЕПТОНОВ		Масса МэВ	L_e	L_μ	L_τ	q (в e)	Спин, s
Электронн ый дублет	e^-	0,51	+1	0	0	-1	$1/2$
	ν_e	<30 эВ	+1	0	0	0	$1/2$
Мюонный дублет	μ^-	105,6	0	+1	0	-1	$1/2$
	ν_μ	<0,5	0	+1	0	0	$1/2$
Таонный дублет	τ^-	1782	0	0	+1	-1	$1/2$
	ν_τ	<150	0	0	+1	0	$1/2$