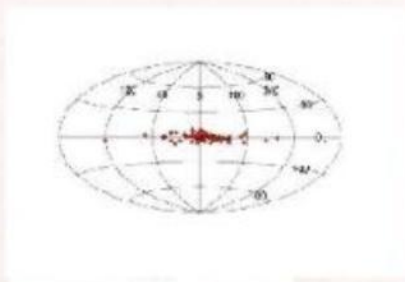




Элементарные частицы

Презентация к уроку физики в 11 классе
(профильный уровень)

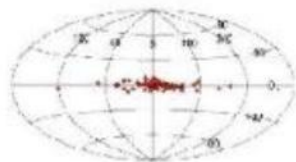




ЦЕЛЬ:

Ознакомление с физикой элементарных частиц и систематизация знаний по теме.

Развитие абстрактного, экологического и научного мышления учащихся на основе представлений об элементарных частицах и их взаимодействиях



Сколько элементов в таблице Менделеева?

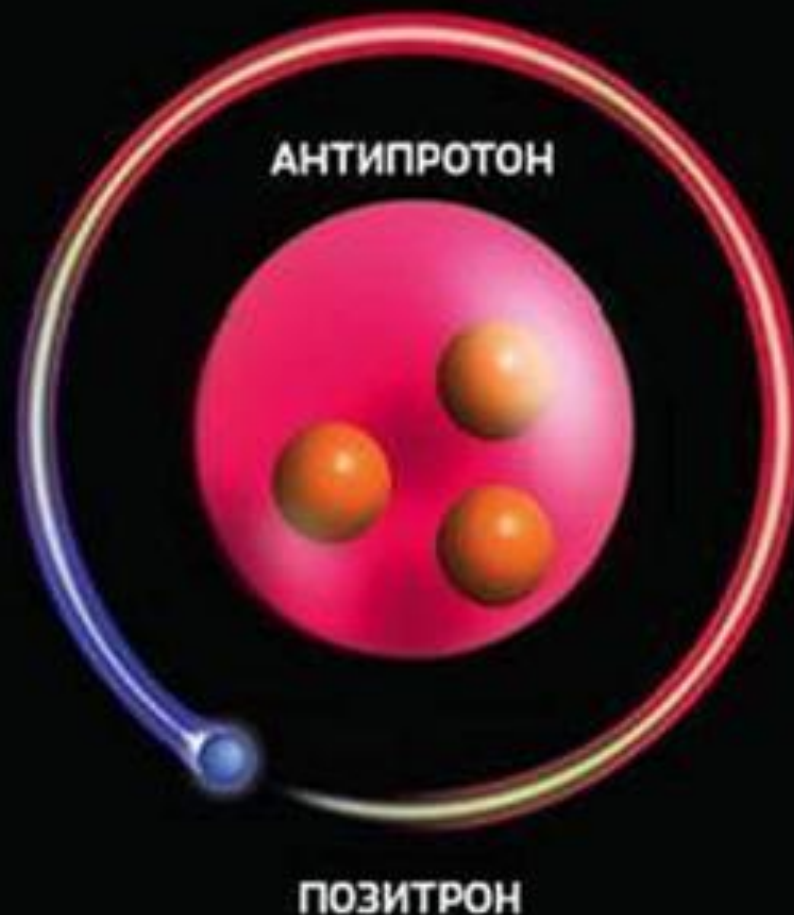
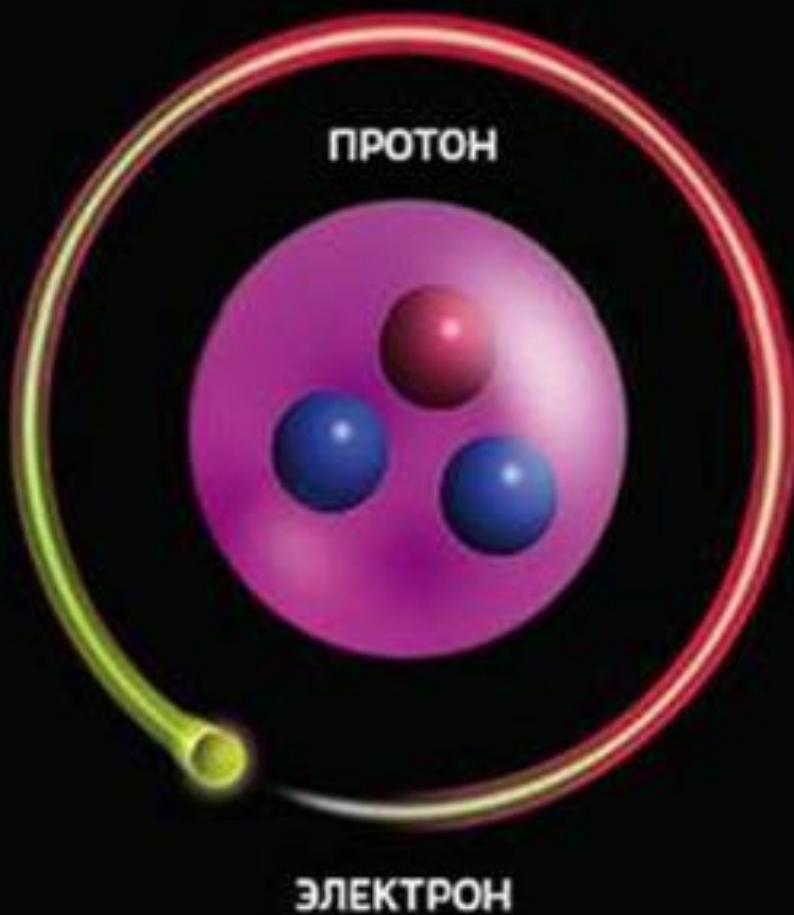


"Не существует ничего, кроме атомов и чистого пространства, все остальное - ~~разрешение~~"

- Но то, что **все вещества состоят из атомов**, утверждал еще **Демокрит** (400 лет до нашей эры).
- Он был большим путешественником, и его любимым изречением было:



Хронология физики частиц



нейтрино $\bar{\nu}$

Открытие мезона

1935 г.

Юкава

Хронология физики частиц

Перед физиками - теоретиками встала труднейшая задача упорядочить весь обнаруженный "зоопарк" частиц и попытаться свести число фундаментальных частиц к минимуму, доказав, что другие частицы состоят из фундаментальных частиц

0 МэВ до 10^{16} МэВ

Все эти частицы были нестабильными, т.е. распадались на частицы с меньшими массами, в конечном счете превращаясь в стабильные протон, электрон, фотон и нейтрино (и их античастицы).

Хронология физики частиц

Дата

Фамилия ученого

Открытие (гипотеза)

Третий этап

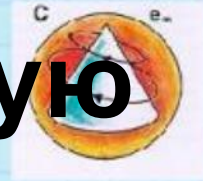
1962 г.

М. Гелл-Манн
и независимо
Дж. Цвейг

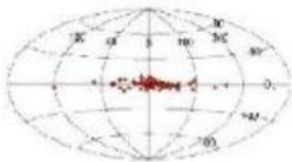
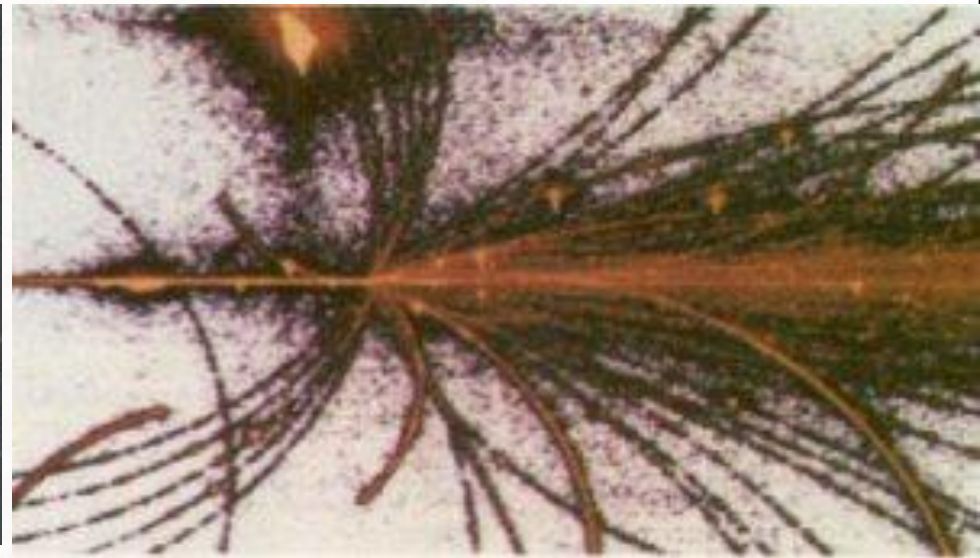
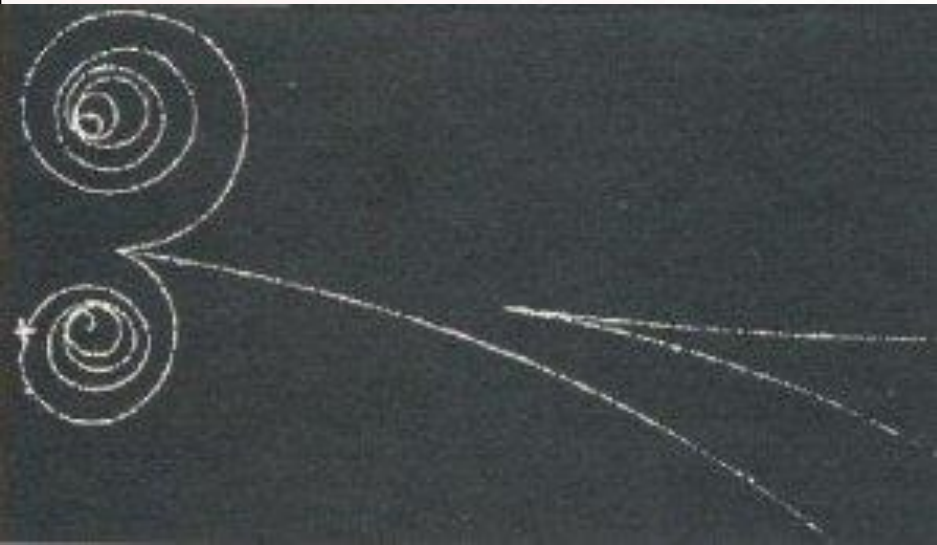
Предложили модель
строения сильно
взаимодействующих
частиц из
фундаментальных частиц -
кварков

Эта модель к настоящему времени превратилась в
стройную теорию всех известных типов взаимодействий
частиц.

Как обнаружить элементарную частицу?



- Обычно изучают и анализируют **следы** (траектории или треки), оставленные частицами, по фотографиям



Классификация элементарных частиц



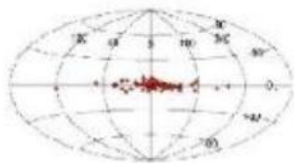
Все частицы делятся на:

1. **Фермионы**, из которых состоит вещество;
2. **Бозоны**, через которые происходит взаимодействие.

Фундаментальные частицы

| КВАРКИ | ЛЕПТОНЫ | БОЗОНЫ | |
|--|--|---|---|
| масса — 2,4 МэВ заряд — 2/3 спин — 1/2 u up верхний | масса — 1,27 ГэВ заряд — 2/3 спин — 1/2 c charm очарованный | масса — 171,2 ГэВ заряд — 2/3 спин — 1/2 t top (truth) истинный | масса — 0 заряд — 0 спин — 1 γ фотон |
| масса — 4,8 МэВ заряд — -1/3 спин — 1/2 d down нижний | масса — 104 МэВ заряд — -1/3 спин — 1/2 s strange странный | масса — 4,2 ГэВ заряд — -1/3 спин — 1/2 b bottom (beauty) прелестный | масса — 0 заряд — 0 спин — 1 g глюон |
| масса — < 2,2 эВ заряд — 0 спин — 1/2 ν_e электронное нейтрино | масса — < 0,17 МэВ заряд — 0 спин — 1/2 ν_μ мюонное нейтрино | масса — < 15,5 МэВ заряд — 0 спин — 1/2 ν_τ тау- нейтрино | масса — 91,2 ГэВ заряд — 0 спин — 1 Z⁰ z-бозон |
| масса — 0,511 МэВ заряд — -1 спин — 1/2 e электрон | масса — 105,7 МэВ заряд — -1 спин — 1/2 μ мюон | масса — 1,777 ГэВ заряд — -1 спин — 1/2 τ тау-лептон | масса — 80,4 ГэВ ± заряд — ±1 спин — 1 W[±] w-бозон |
| I | II | III | |

Три поколения фермионов



Кварки

Кварки участвуют в сильных взаимодействиях, а также в слабых и в электромагнитных.

| | Цвета | | | | Масса | Заряд |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|-------|
| Up (Верхний) | u | u_r | u_g | u_b | 310 | +2/3 |
| Down (Нижний) | d | d_r | d_g | d_b | 310 | -1/3 |
| Charm (Очарованный) | c | c_r | c_g | c_b | 1500 | +2/3 |
| Strange (Странный) | s | s_r | s_g | s_b | 505 | -1/3 |
| Top Truth (Истинный) | t | t_r | t_g | t_b | (Гипотетическая частица), >2250 | +2/3 |
| Bottom beauty (Красивый) | b | b_r | b_g | b_b | 0 около 5000 | -1/3 |



Кварки

- **Гелл-Манн** и **Георг Цвейг** предложили **кварковую модель** в 1964 г.
- **Принцип Паули**: в одной системе взаимосвязанных частиц никогда не существует хотя бы **две частицы с тождественными параметрами**, если эти частицы обладают **полуцелым спином**.



М. Гелл-Манн на конференции в **2007 г.**

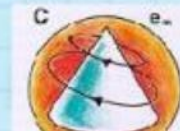


Что такое спин?

Спин (от англ. *spin* — вертеть[-ся], вращение) — **собственный момент импульса элементарных частиц**, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы **как целого** **характеристикой частицы**, которая не имеет **аналога** в классической механике;

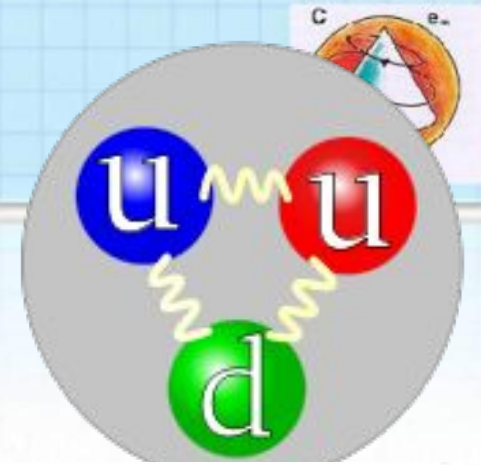


Спины некоторых микрочастиц



| Спин | Общее название частиц | Примеры |
|------|------------------------|---|
| 0 | скалярные частицы | π -мезоны, K -мезоны, хиггсовский бозон, атомы и ядра ^4He , чётно-чётные ядра, парапозитроний |
| 1/2 | спинорные частицы | электрон, кварки, протон, нейтрон, атомы и ядра ^3He |
| 1 | векторные частицы | фотон, глюон, векторные мезоны, ортопозитроний |
| 3/2 | спин-векторные частицы | Δ -изобары |
| 2 | тензорные частицы | гравитон, тензорные мезоны |

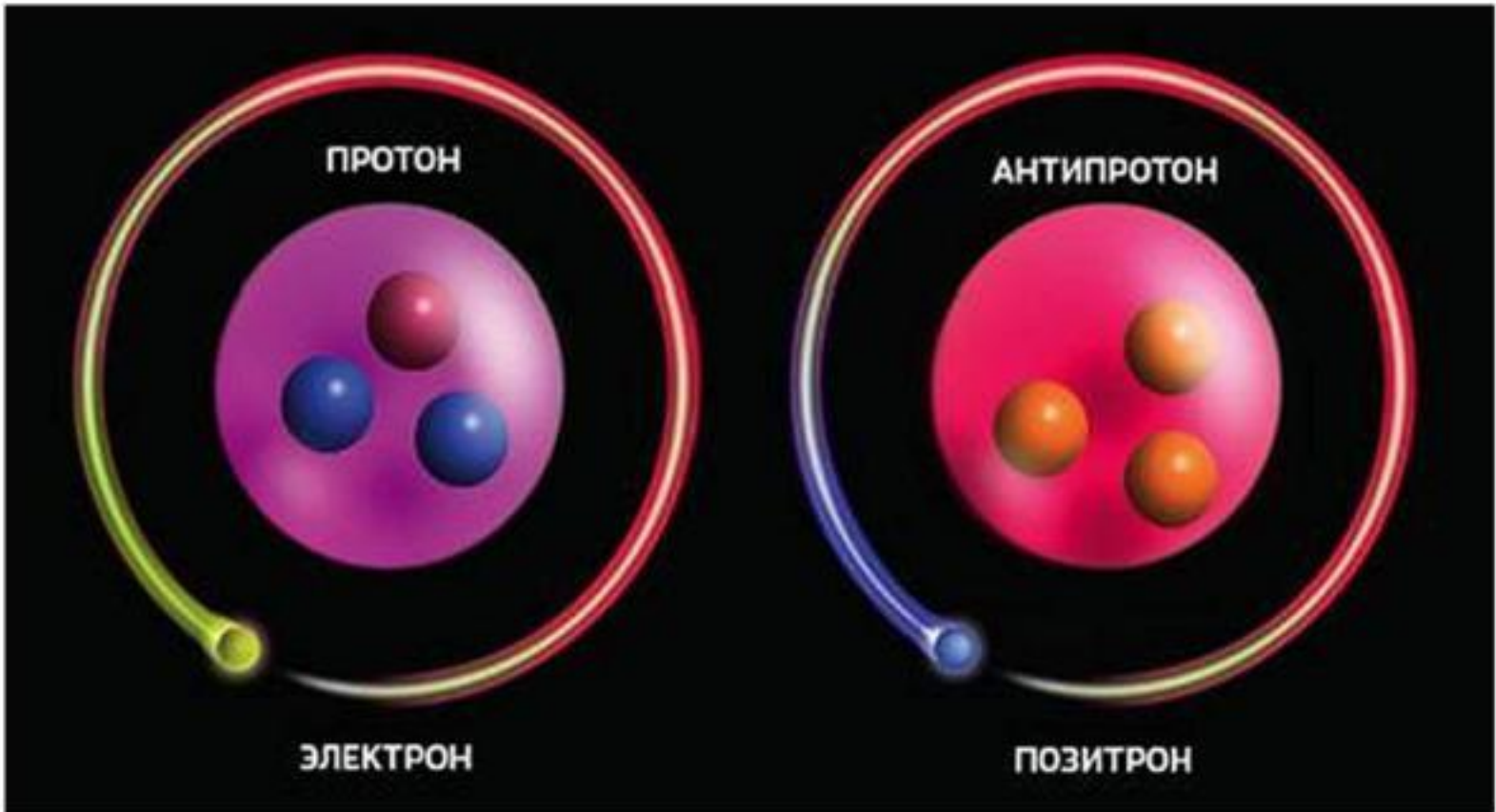
Кварки



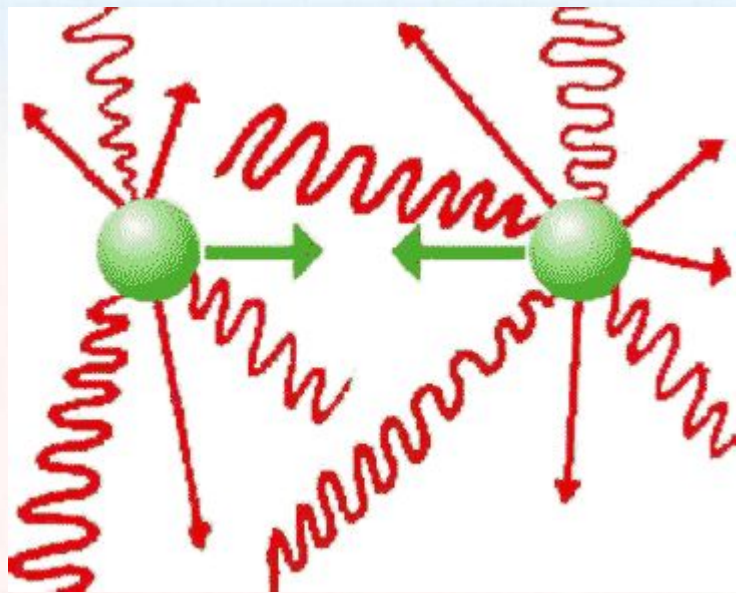
- Кварки участвуют в **сильных** взаимодействиях, а также в **слабых** и в **электромагнитных**

- Заряд **$+2/3$**

- Кварки существуют в составе адронов нейтральных



Четыре вида физических взаимодействий



- гравитационные,
- электромагнитные,
- слабые,
- сильные.

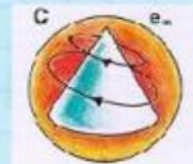
Ядерные

Слабое взаимодействие природы частиц.

Сильные взаимодействия - различные ядерные реакции сил, связывающих нейтроны

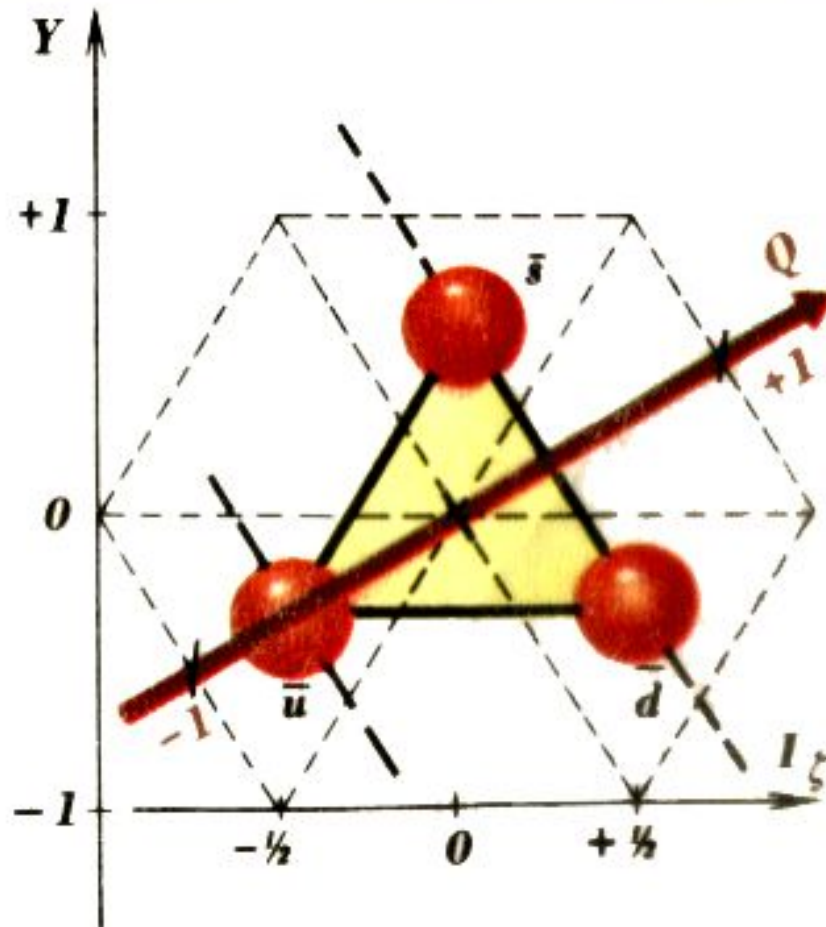
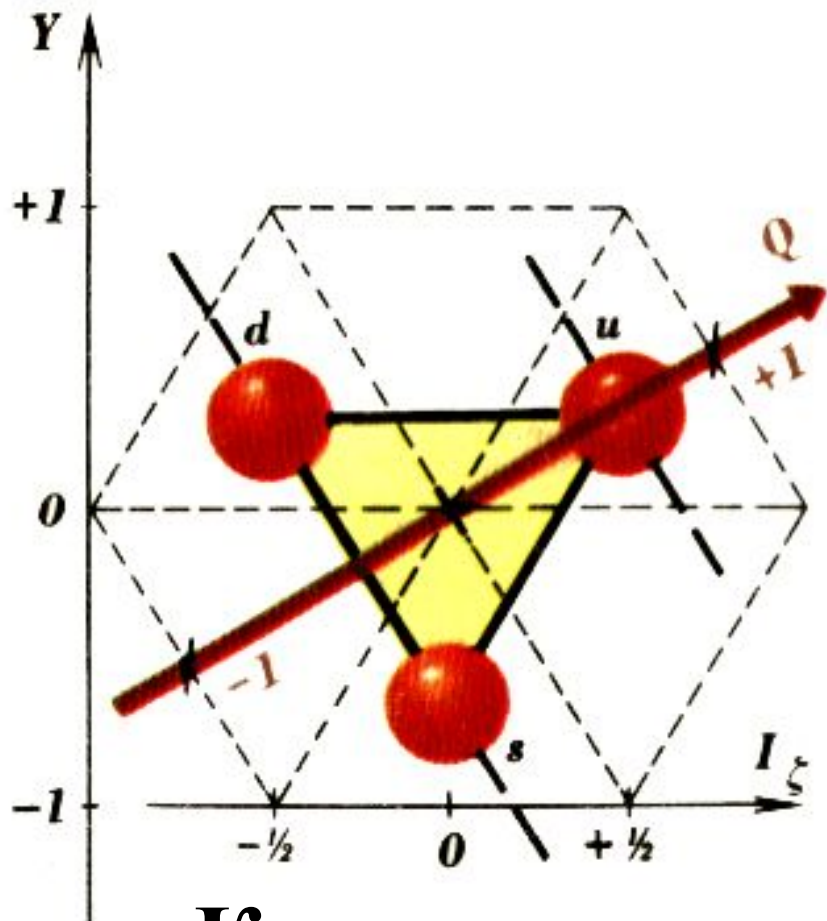
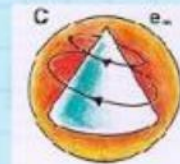
Механизм взаимодействий один: за счет обмена переносчиками взаимодействия.

Четыре вида физических взаимодействий



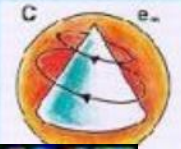
| Взаимодействие | Радиус действия | Конст. взаимодейств. |
|------------------|----------------------------|----------------------|
| Гравитационное | Бесконечно большой | $6 \cdot 10^{-39}$ |
| Электромагнитное | Бесконечно большой | 1/137 |
| Слабое | Не превышает 10^{-16} см | 10^{-14} |
| Сильное | Не превышает 10^{-13} см | 1 |

Свойства кварков

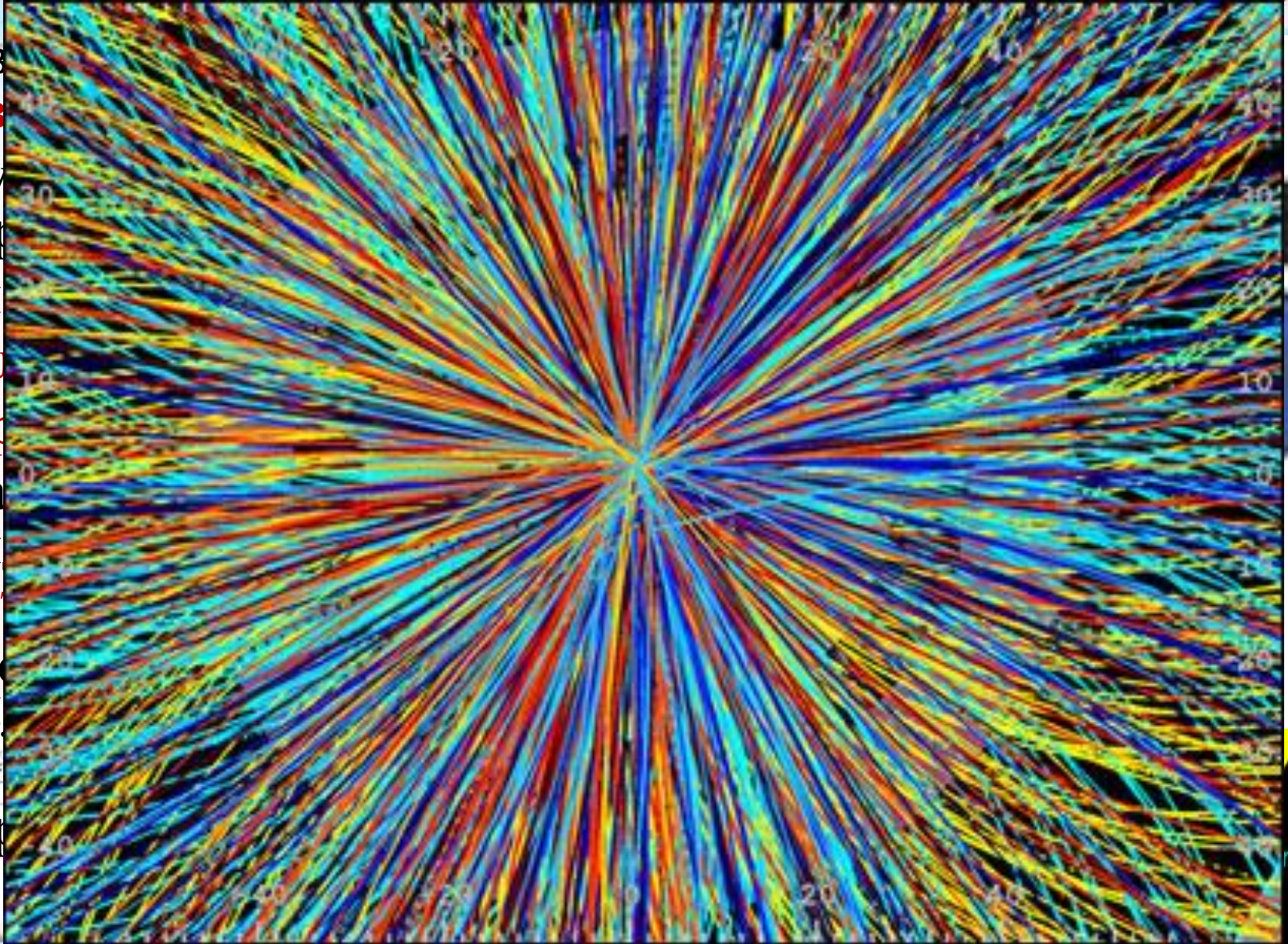


**Кварковые супермультиплеты
(триада $\langle u, d, s \rangle$ и антитриада $\langle \bar{u}, \bar{d}, \bar{s} \rangle$)**

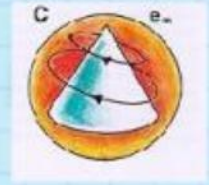
Свойства кварков: цвет



- Кв
- **ЦВ**
- Су
- зар
- **си**
- **зел**
- **Кр**
- Ка
- ви
- ан**
- В
- об
- ТО
- зар



Свойства кварков: масса



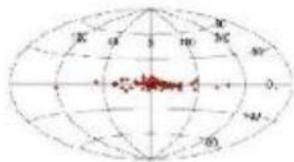
- У кварков имеется два основных типа масс, несовпадающих по величине:
- **масса токового кварка**, оцениваемая в процессах со значительной передачей квадрата 4-импульса, и
- **структурная масса** (блоковая, конституэнтная масса); включает в себя ещё массу глюонного поля вокруг кварка и оценивается из массы адронов и их кваркового состава.



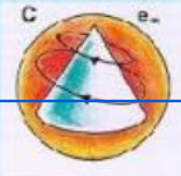
Свойства кварков: аромат



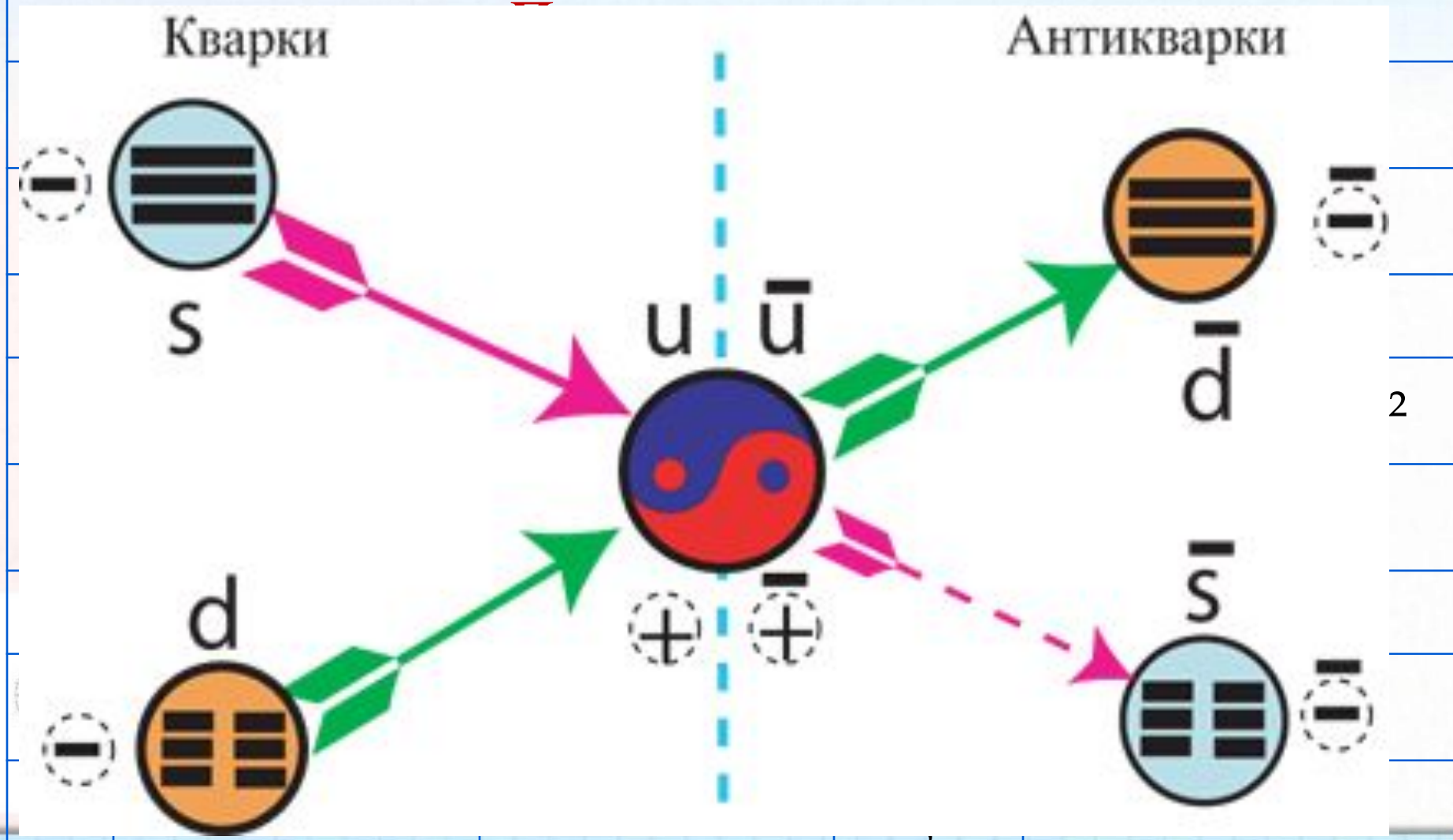
- Каждый аромат (вид) кварка характеризуется такими квантовыми числами, как
- **изоспин I_z ,**
- **странность S ,**
- **очарование C ,**
- **прелесть (боттомность, красота) B' ,**
- **истинность (топность) T .**



Свойства кварков: аромат



| Сим вол | Название | | Заряд | Масса |
|---------|----------|-------|-------|-------|
| | рус. | англ. | | |



| Наименование частиц | | Символ | | Масса в электронных массах | Электрический заряд | Время жизни, с | | | |
|---------------------|----------------------|-------------------|------------------|----------------------------|---------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | частица | анти-частица | | | | | | |
| Фотон | | γ | γ | 0 | 0 | Стабилен | | | |
| Лептоны | Нейтрино электронное | ν_e | $\bar{\nu}_e$ | 0 | 0 | Стабильно | | | |
| | Нейтрино мюонное | ν_μ | $\bar{\nu}_\mu$ | 0 | 0 | Стабильно | | | |
| | Тау-нейтрино | ν_τ | $\bar{\nu}_\tau$ | 0 | 0 | Стабильно | | | |
| | Электрон | e^- | e^+ | 1 | -1 | Стабилен | | | |
| | Мюон | μ^- | μ^+ | 207 | -1 | $2,2 \cdot 10^{-6}$ | | | |
| | Тау-лептон | τ^- | τ^+ | 3492 | -1 | $1,46 \cdot 10^{-12}$ | | | |
| Адроны | Мезоны | Пи-мезоны (пионы) | | π^0 | π^0 | 264,1 | 0 | $1,83 \cdot 10^{-16}$ | |
| | | π^+ | π^- | 273,1 | 1 | $2,6 \cdot 10^{-8}$ | | | |
| | | Ка-мезоны (каоны) | | K^+ | K^- | 966,4 | 1 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | |
| | | K^0 | K^0 | 974,1 | 0 | $K_S^0 - 8,9 \cdot 10^{-11}$ $K_L^0 - 5,2 \cdot 10^{-8}$ | | | |
| | Эта-нуль-мезон | | η^0 | η^0 | 1074 | 0 | $2,4 \cdot 10^{-19}$ | | |
| | Барионы | Нуклоны | Протон | | p | \bar{p} | 1836,1 | 1 | Стабилен (?) |
| | | | Нейтрон | | n | \bar{n} | 1838,6 | 0 | 10^3 |
| | | Гипероны | Гиперонлямбда | | Λ^0 | $\bar{\Lambda}^0$ | 2183,1 | 0 | $2,63 \cdot 10^{-10}$ |
| | | | Гиперонсигма | | Σ^+ | $\bar{\Sigma}^+$ | 2327,6 | 1 | $8 \cdot 10^{-11}$ |
| | | | | | Σ^0 | $\bar{\Sigma}^0$ | 2333,6 | 0 | $5,8 \cdot 10^{-30}$ |
| | | | Σ^- | $\bar{\Sigma}^-$ | 2343,1 | -1 | $1,48 \cdot 10^{-10}$ | | |
| Гиперонкси | | | Ξ^0 | $\bar{\Xi}^0$ | 2572,8 | 0 | $2,9 \cdot 10^{-10}$ | | |
| | | Ξ^- | $\bar{\Xi}^-$ | 2586,6 | -1 | $1,64 \cdot 10^{-10}$ | | | |
| Омегаминус-гиперон | | Ω | $\bar{\Omega}$ | 3273 | -1 | $8,2 \cdot 10^{-11}$ | | | |

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

| | | 000 ⁰ Резон Razon | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|---|---|
| | | -3 | -2 | -1 | +1 | +2 | +3 |
| 1 КВАНТЫ ЗАРЯДОВ QUANTUMS OF CHARGE | 0 КВАНТЫ ПРОСТРАНСТВА QUANTUMS OF SPACE | -100 ⁻⁹ Φ⁻ Антигравитон Antigraviton | 0-10 ⁻³ γ⁻ Антифотон Antiphoton | 00-1 ⁻¹ η⁻ Заряд "минус" Minus | 001 ⁺¹ η⁺ Заряд "плюс" Plus | 010 ⁺³ γ⁺ Фотон Photon | 100 ⁺⁹ Φ⁺ Гравитон Graviton |
| | 1 КВАНТЫ ЭНЕРГИИ QUANTUMS OF ENERGY | 1-10 ⁺⁶ ν⁻ Антинейтрино Antineutrino | 10-1 ⁺⁸ χ⁻ Антиконденсон Anticondenson | 101 ⁺¹⁰ χ⁺ Конденсон Condenson | 110 ⁺¹² ν⁺ Нейтрино Neutrino | | |
| 1 КВАНТЫ ВРЕМЕНИ QUANTUMS OF TIME | 1 Период N Period N | | 01-1 ⁺² δ⁻ U-магнитон U-magniton | 011 ⁺⁴ δ⁺ S-магнитон S-magniton | Поля δ ⁻ & δ ⁺ – магнитное ν ⁻ & ν ⁺ – гравитационное χ ⁻ & χ ⁺ – электростатическое (e ⁻ & e ⁺) – электромагнитное | | |
| | 2 Фаза | | 0-1-1 ⁻⁴ bδ⁻ Чёрный U-магнитон Black U-magniton | 0-11 ⁻² bδ⁺ Чёрный S-магнитон Black S-magniton | | | |
| | 3 Фаза | | -1-10 ⁻¹² bν⁻ Чёрное антинейтрино Black antineutrino | -10-1 ⁻¹⁰ bχ⁻ Чёрный антиконденсон Black anticondenson | -101 ⁻⁸ bχ⁺ Чёрный конденсон Black condenson | -110 ⁻⁶ bν⁺ Чёрное нейтрино Black neutrino | |
| 1 КВАНТЫ ВРЕМЕНИ QUANTUMS OF TIME | 1 Ключ | | 11-1 ⁺¹¹ e⁻ Электрон Electron | 111 ⁺¹³ e⁺ Позитрон Positron | e ⁻ & e ⁺ – К периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева | | |
| | 2 Фаза | | 1-1-1 ⁺⁵ be⁻ Чёрный электрон Black electron | 1-11 ⁺⁷ be⁺ Чёрный позитрон Black positron | +24 e ⁻ & e ⁺ – электрический ток | | |
| | 3 Фаза | | -11-1 ⁻⁷ ve⁻ Виртуальный электрон Virtual electron | -111 ⁻⁵ ve⁺ Виртуальный позитрон Virtual positron | | | |
| | 4 Фаза | | -1-1-1 ⁻¹³ wе⁻ Призрак электрона Prisrack electron | -1-11 ⁻¹¹ wе⁺ Призрак позитрона Prisrack positron | | | |
| | 5 Фаза | | | | | Общий закон взаимодействия $F = [G, j, k] \frac{\kappa_{1000} K[m, J, e]^{\kappa_{2000}} K[m, J, e]}{r^2}$ | |
| 1 КВАНТЫ ВРЕМЕНИ QUANTUMS OF TIME | | | | | | | |

Элементарный номер:
трочный
десятичный
Степень реальности
Обозначение
Квантовый заряд

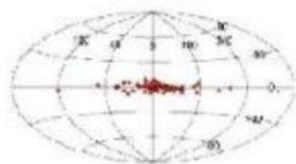
-110⁻⁶
bν⁺
Чёрное нейтрино
Black neutrino
Название / Name

Характеристики кварков

| | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------------|---------------|-------------|-------------|-----------|
| Электрический заряд Q | -1/3 | +2/3 | -1/3 | +2/3 | -1/3 | +2/3 |
| Барионное число B | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 |
| Спин J | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 |
| Четность P | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 |
| 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 в составе адрона, ГэВ | 0.31 | 0.31 | 0.51 | 1.8 | 5 | 180 |
| Масса "свободного" кварка, ГэВ | ~0.0 06 | ~0.00 3 | 0.08- 0.15 | 1.1- 1.4 | 4.1- 4.9 | 174± 5 |



РАССМОТРИМ ЗАДАЧИ





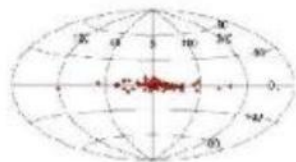
Какая энергия выделяется при аннигиляции электрона и позитрона?

А. $m_e c$.

Б. $\frac{m_e c^2}{2}$.

В. $m_e c^2$.

Г. $2m_e c^2$.





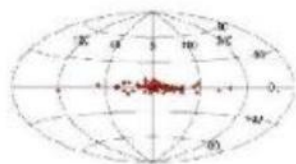
Какая энергия выделяется при аннигиляции протона и антипротона?

А. $2m_e c^2$.

Б. $m_p c$.

В. $\frac{m_p c^2}{2}$.

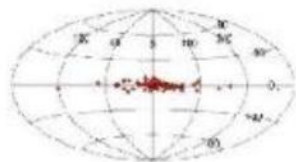
Г. $m_p c$

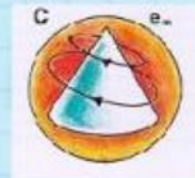




При каких ядерных процессах возникает нейтрино?

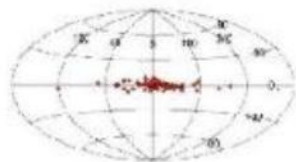
- А. При α - распаде.
- Б. При β - распаде.
- В. При излучении γ - квантов.
- Г. При любых ядерных превращениях





При каких ядерных процессах возникает антинейтрино?

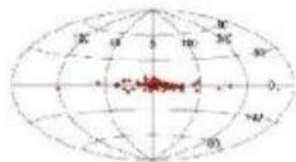
- А. При α - распаде.
- Б. При β - распаде.
- В. При излучении γ - квантов.
- Г. При любых ядерных превращениях





Протон состоит из ...

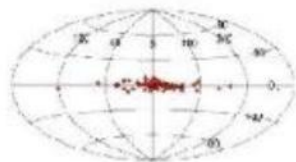
- А. . . .нейтрона, позитрона и нейтрино.
- Б. . . .мезонов.
- В. . . .кварков.
- Г. Протон не имеет составных частей.



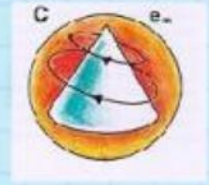


Нейтрон состоит из ...

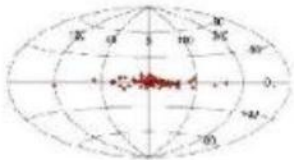
- А. . . . протона, электрона и нейтрино.
- Б. . . . мезонов.
- В. . . . кварков.
- Г. Нейтрон не имеет составных частей.



Что было доказано опытами Дэвиссона и Джермера?



- А. Квантовый характер поглощения энергии атомами.
- Б. Квантовый характер излучения энергии атомами.
- В. Волновые свойства света.
- Г. Волновые свойства электронов.





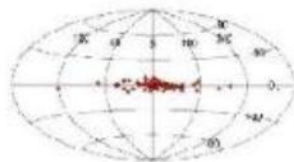
Какая из приведенных формул определяет длину волны де-Бройля для электрона (m и v — масса и скорость электрона)?

А. $сT$.

Б. $\frac{с}{v}$.

В. $\frac{h}{mv}$.

Г. $\frac{h}{mc}$.



Тест



1. Какие физические системы образуются из элементарных частиц в результате электромагнитного взаимодействия?

А. Электроны, протоны. **Б.** Ядра атомов. **В.** Атомы, молекулы вещества и античастицы.

2. С точки зрения взаимодействия все частицы делятся на три типа: **А.** Мезоны, фотоны и лептоны. **Б.** Фотоны, лептоны и барионы. **В.** Фотоны, лептоны и адроны.

3. Что является главным фактором существования элементарных частиц? **А.** Взаимное превращение. **Б.** Стабильность. **В.** Взаимодействие частиц друг с другом.

4. Какие взаимодействия определяют устойчивость ядер в атомах? **А.** Гравитационные. **Б.** Электромагнитные. **В.** Ядерные. **Г.** Слабые.





5. Существуют ли в природе неизменные частицы?

А. Существуют. **Б.** Не существуют.

6. Реальность превращения вещества в электромагнитное поле:

А. Подтверждается на опыте аннигиляции электрона и позитрона. **Б.** Подтверждается на опыте аннигиляции электрона и протона.

7. Реакция превращения вещества в поле: **А.** $e + 2\gamma \rightarrow e^+$ **Б.** $e + 2\gamma \rightarrow e^-$ **В.** $e^+ + e^- = 2\gamma$.

8. Какое взаимодействие ответственно за превращение элементарных частиц друг в друга? **А.** Сильное взаимодействие. **Б.** Гравитационное. **В.** Слабое взаимодействие **Г.** Сильное, слабое, электромагнитное.



Ответы: В; В; А; В; Б; А; В; Г.



Литература

- Периодическая система элементарных частиц / <http://www.organizmica.ru/archive/508/pic-011.gif>;
- Ишханов Б.С. , Кэбин Э.И. Физика ядра и частиц, XX век / <http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html>
- ТАБЛИЦА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ / <HTTP://LIB.KEMTIPP.RU/LIB/27/48.HTM>
- Частицы и античастицы / <http://www.pppa.ru/additional/02phy/07/phy23.php>
- Элементарные частицы. [справочник](#) Элементарные частицы. справочник > [химическая энциклопедия](http://www.chemport.ru/chemical_encyclopedia_article_4519.html) / http://www.chemport.ru/chemical_encyclopedia_article_4519.html
- Физика элементарных частиц / http://www.leforio.narod.ru/particles_physics.htm
- Кварк / <http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BA>
- Физика ядра и элементарных частиц. Знания – сила. / http://znaniya-sila.narod.ru/physics/physics_atom_04.htm
- Кварк. Материал из Википедии — свободной энциклопедии / <http://ru.wikipedia.org/wiki/%CA%E2%E0%F0%EA>
- 2.0 кварках. / <http://www.milogiya.narod.ru/kvarki1.htm>
- Гармония радуги / <http://www.milogiya2008.ru/uzakon5.htm>

