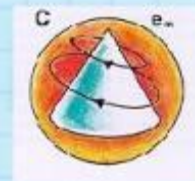


Муниципальное бюджетное нетиповое  
общеобразовательное учреждение  
"Гимназия №1 имени Тасирова Г.Х. города  
Белово"

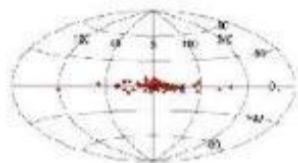


# **Элементарные частицы**

Презентация к уроку физики в 11 классе  
(профильный уровень)

Выполнила: Попова И.А.,  
учитель физики

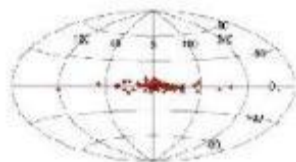
Белово, 2012 г.



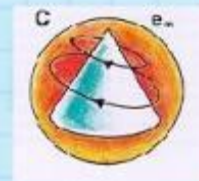


# ЦЕЛЬ:

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?

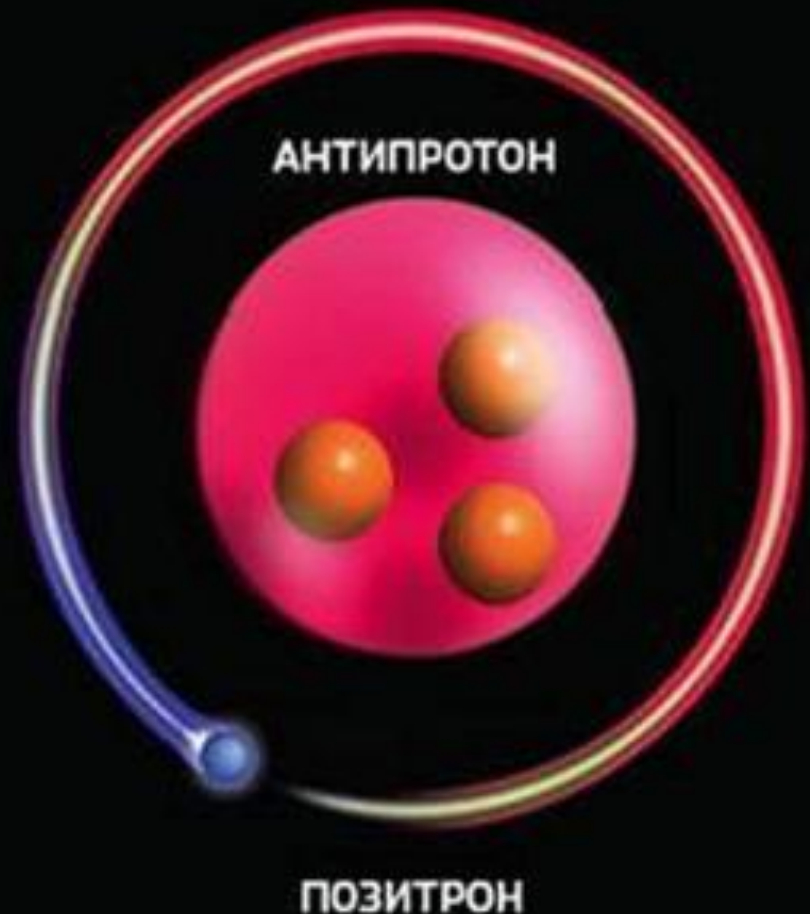
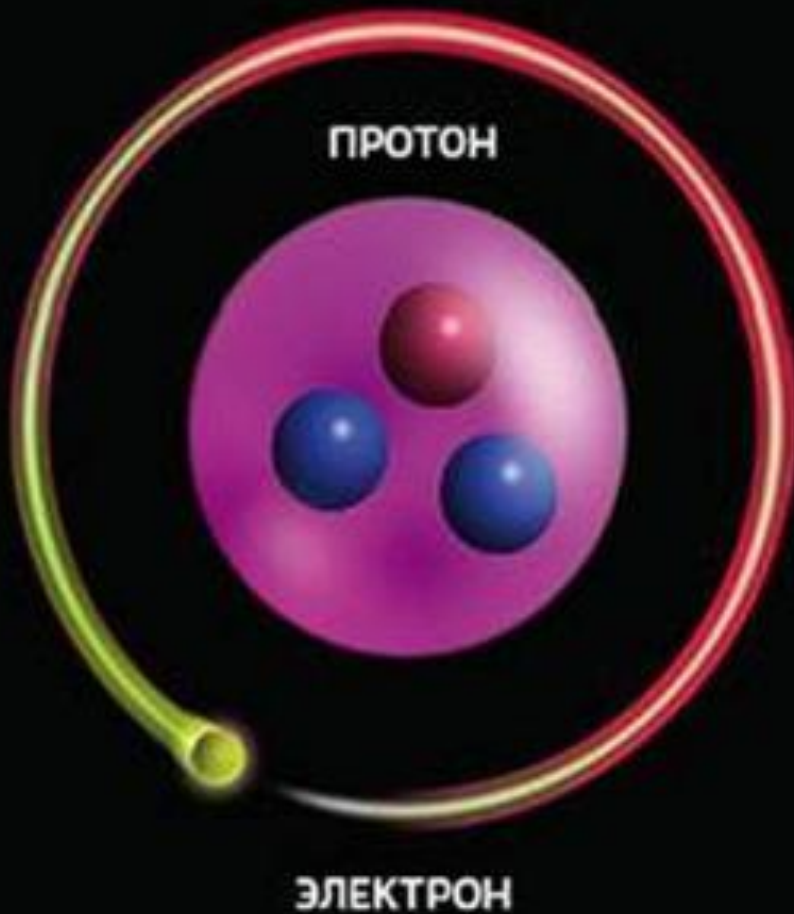


"Не существует ничего, кроме атомов и чистого пространства, все остальное - воззрение"

- 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



1932 г.		античастица - позитрон ет
1930 г.	В. Паули	Предсказание существования

# 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

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

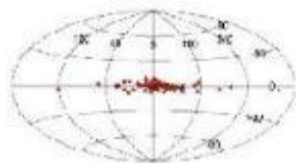
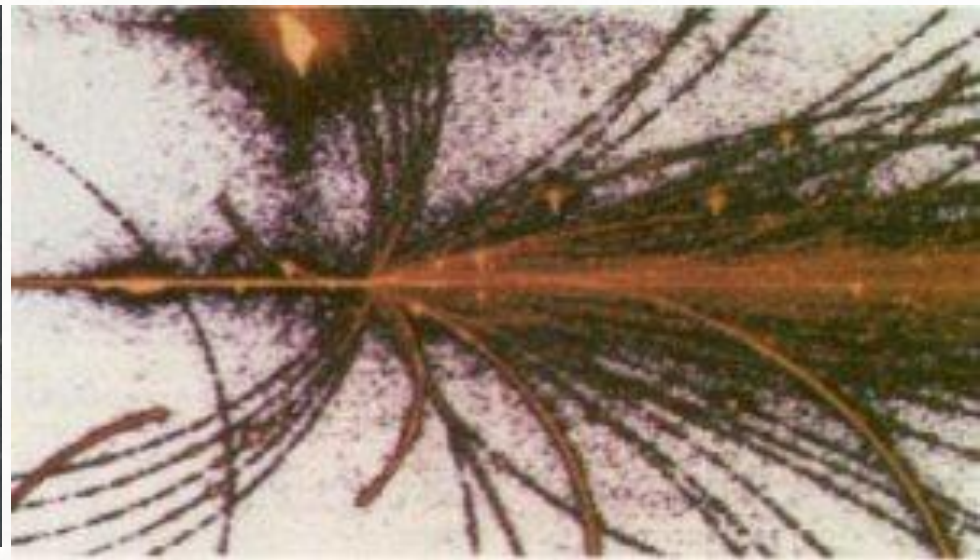
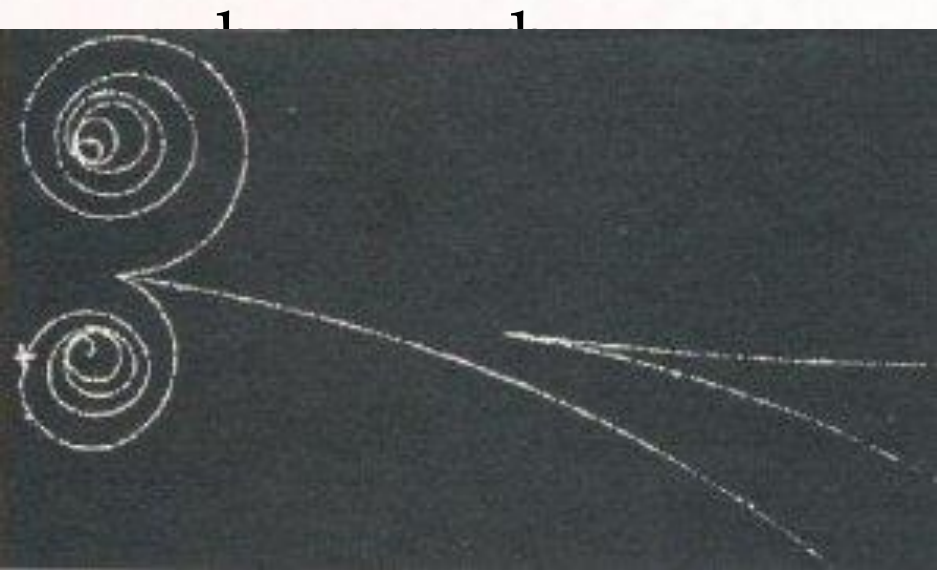
1962 г.	М. Гелл-Манн и независимо Дж. Цвейг	Предложили модель строения сильно взаимодействующих частиц из фундаментальных частиц - кварков
---------	-------------------------------------	--

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

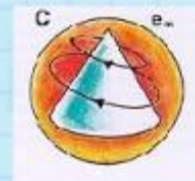
# Как обнаружить элементарную частицу?



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



# Классификация элементарных частиц



Все частицы делятся на:

1. Фермионы — вещество;
2. Бозоны, которые осуществляют взаимодействия.



## Фундаментальные частицы

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

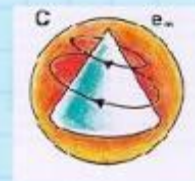
Три поколения фермионов



## Кварки

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

Up (Верхний) Down (Нижний)	$u$	$u_r$	$u_s$	$u_{кр}$	310	+2/3
	$d$	$d_r$	$d_s$	$d_{кр}$	310	-1/3
Charm (Очарованный) Strange (Странный)	$c$	$c_r$	$c_s$	$c_{кр}$	1500	+2/3
	$s$	$s_r$	$s_s$	$s_{кр}$	505	-1/3
Top Truth (Истинный) Bottom beauty (Красивый)	$t$	$t_r$	$t_s$	$t_{кр}$	(Гипотетическая частица), >2250 0 около 5000	+2/3
	$b$	$b_r$	$b_s$	$b_{кр}$		-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

Спин является **внутренней квантовой характеристикой частицы**, которая не имеет аналога в классической механике;

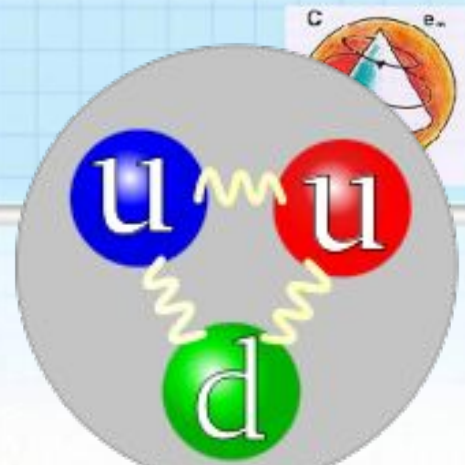
# Спины некоторых микрочастиц



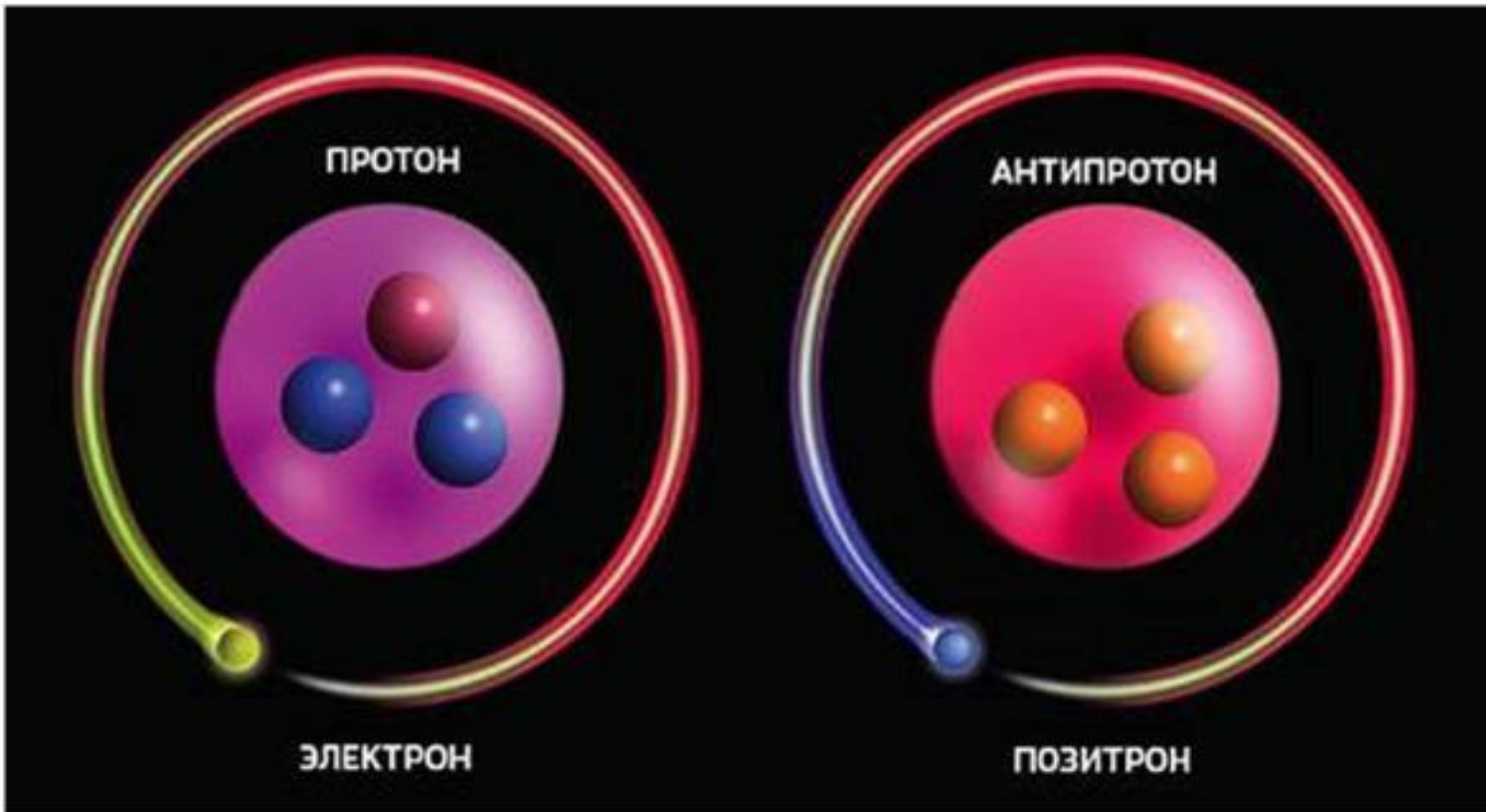
Спин	Общее название частиц	Примеры
0	скалярные частицы	$\pi$ -мезоны, K-мезоны, хиггсовский бозон, атомы и ядра $^4\text{He}$ , чётно-чётные ядра, парапозитроний
1/2	спинорные частицы	электрон, кварки, протон, нейтрон, атомы и ядра $^3\text{He}$
1	векторные частицы	фотон, глюон, векторные мезоны, ортопозитроний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

# Кварки

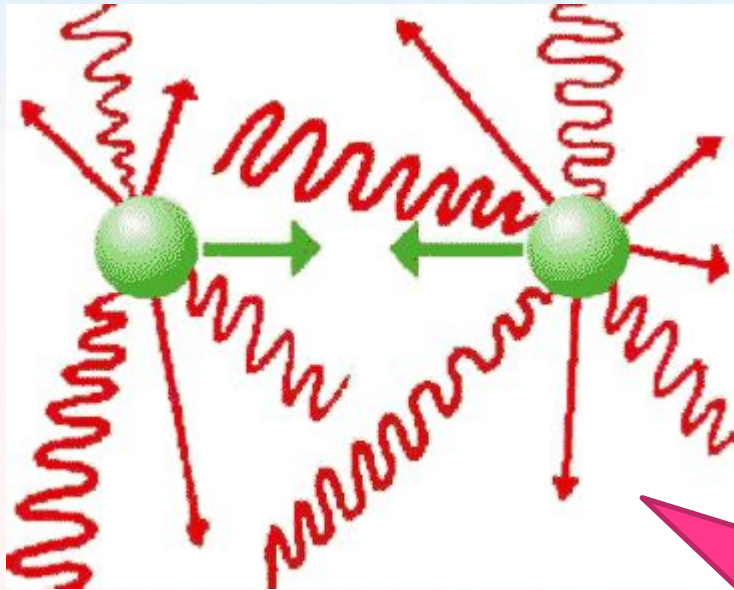
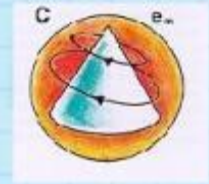
- Кварки участвуют в **сильных** взаимодействиях, а также в **слабых** и в **электромагнитных**



- Заряд до +
- Кварки являются составляющими адронов нейтральных



# Четыре вида физических взаимодействий



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

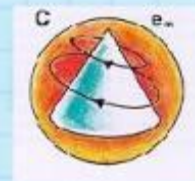
Ядерны  
е

**Слабое взаимодействие** определяет природу частиц.

**Сильные взаимодействия** определяют различные ядерные реакции, возникновение сил, связывающих протоны в ядрах.

**Механизм взаимодействий один: за счет обмена другими частицами - переносчиками взаимодействия.**

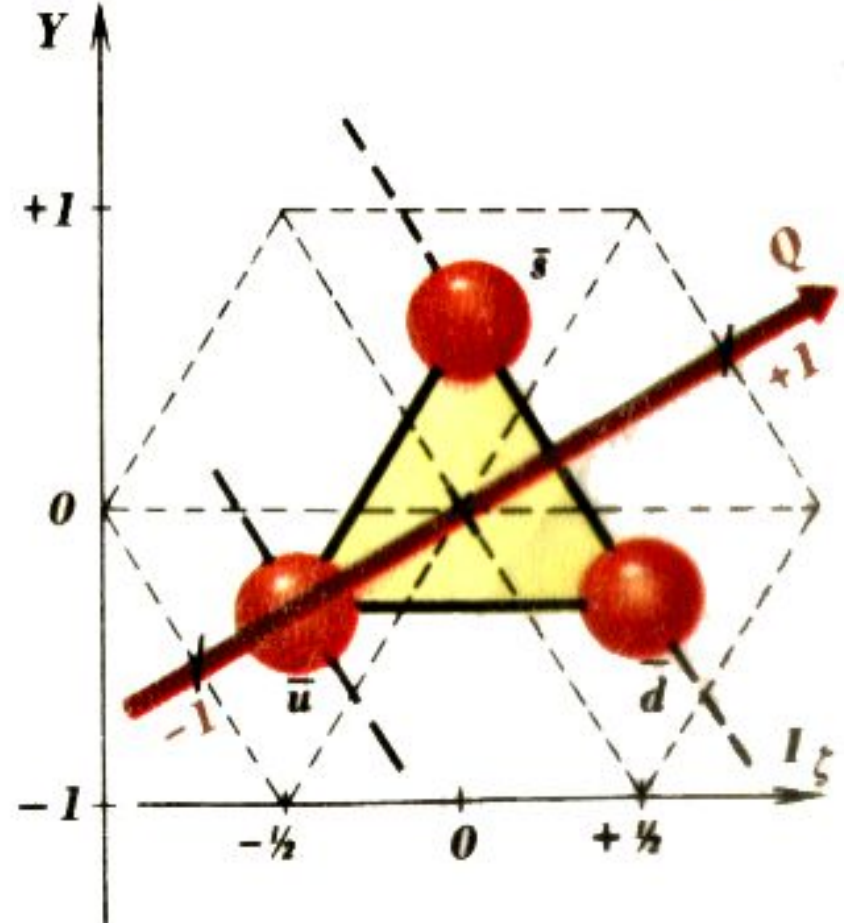
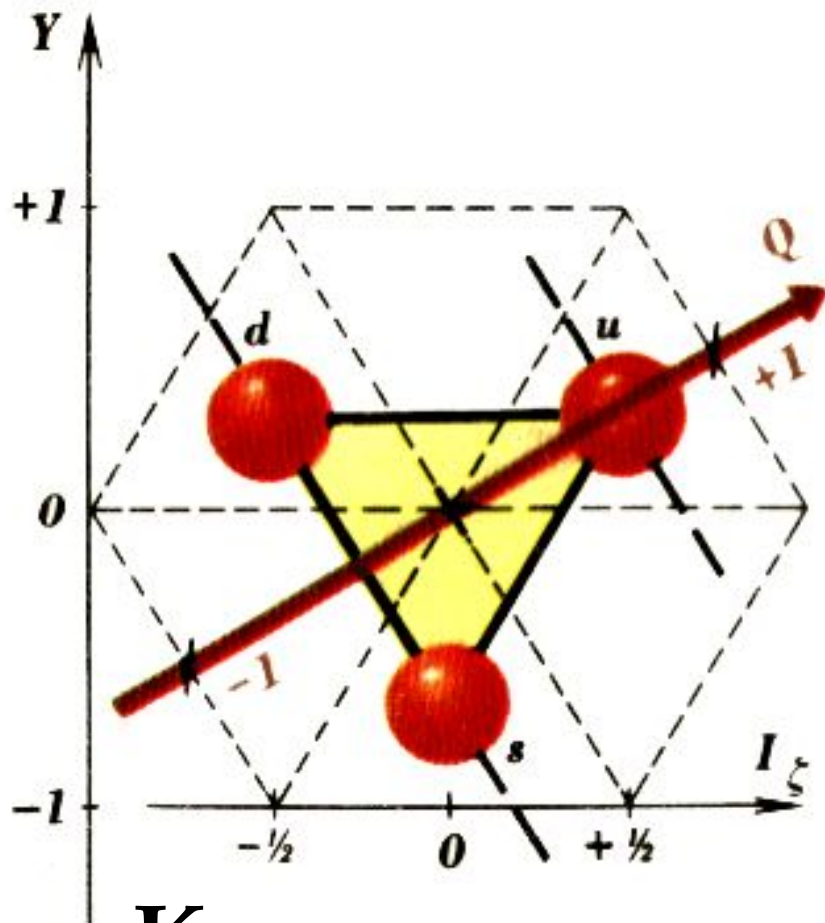
# Четыре вида физических взаимодействий



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

нулю.

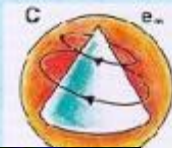
# Свойства кварков



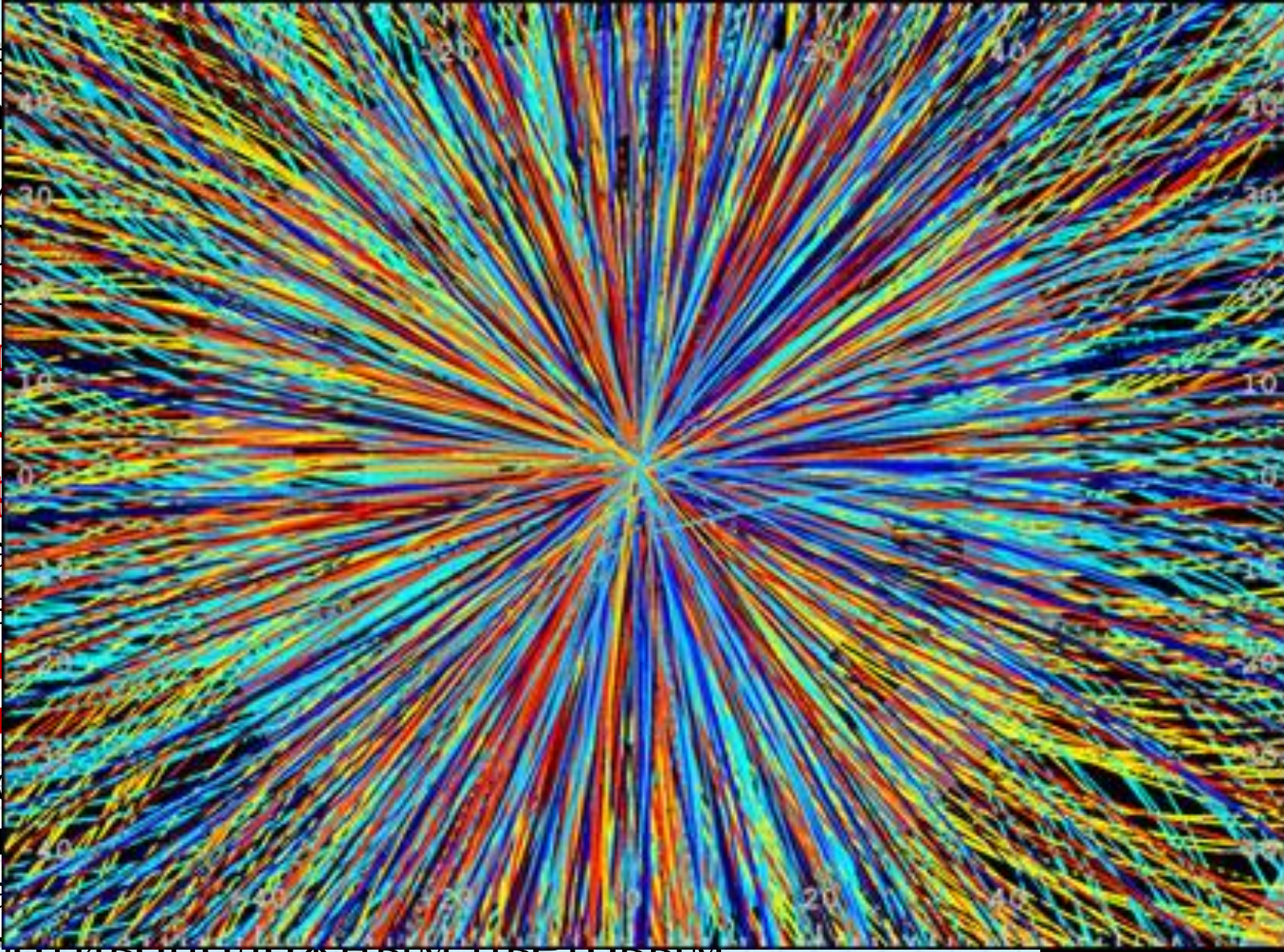
Кварковые супермультиплеты  
(триада  $\langle u, d, s \rangle$  и антитриада  $\langle \bar{u}, \bar{d}, \bar{s} \rangle$ )



# Свойства кварков: цвет

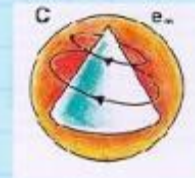


- Кварки имеют три цвета: красный, зеленый и синий.
- Существуют антикварки с противоположными цветами: антикрасный, антизеленый и антисиний.
- Все кварки имеют спин 1/2.
- Кварки взаимодействуют друг с другом посредством глюонов, которые сами имеют цвет.
- В адронах кварки объединяются в комбинации, которые являются бесцветными (белыми).
- Противоположностям цветовым



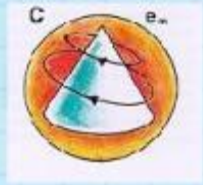
S  
red

# 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.

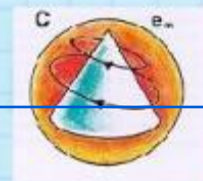
# Свойства кварков: аромат



- 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



Символ	Название		Заряд	Масса
	рус.	англ.		
	Кварки			Антикварки
		$s$		
		$d$		
		$u \quad \bar{u}$		
		$u$		
		$\bar{s}$		

$c^2$

Наименование частиц		Символ		Масса в электронных массах	Электрический заряд	Время жизни, с			
		частица	анти-частица						
Фотон		$\gamma$	$\gamma$	0	0	Стабилен			
Лептоны	Нейтрино электронное	$\nu_e$	$\bar{\nu}_e$	0	0	Стабильно			
	Нейтрино мюонное	$\nu_\mu$	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	Стабильно			
	Тау-нейтрино	$\nu_\tau$	$\bar{\nu}_\tau$	0	0	Стабильно			
	Электрон	$e^-$	$e^+$	1	-1	Стабилен			
	Мюон	$\mu^-$	$\mu^+$	207	-1	$2,2 \cdot 10^{-6}$			
	Тау-лептон	$\tau^-$	$\tau^+$	3492	-1	$1,46 \cdot 10^{-12}$			
Адроны	Мезоны	Пи-мезоны (пионы)		$\pi^0$	$\pi^0$	264,1	0	$1,83 \cdot 10^{-16}$	
		$\pi^+$	$\pi^-$	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		$\eta^0$	$\eta^0$	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		$\Lambda^0$	$\bar{\Lambda}^0$	2183,1	0	$2,63 \cdot 10^{-10}$
			Гиперонсигма		$\Sigma^+$	$\bar{\Sigma}^+$	2327,6	1	$8 \cdot 10^{-11}$
					$\Sigma^0$	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	0	$5,8 \cdot 10^{-30}$
			$\Sigma^-$	$\bar{\Sigma}^-$	2343,1	-1	$1,48 \cdot 10^{-10}$		
Гиперонкси			$\Xi^0$	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	$2,9 \cdot 10^{-10}$		
		$\Xi^-$	$\bar{\Xi}^-$	2586,6	-1	$1,64 \cdot 10^{-10}$			
Омегаминус-гиперон		$\Omega$	$\bar{\Omega}$	3273	-1	$8,2 \cdot 10^{-11}$			

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

				000 <sup>0</sup> Резон Razon					
				$\rho^0$					
				+1		+2		+3	
				001 <sup>+1</sup>		010 <sup>+3</sup>		100 <sup>+9</sup>	
				Заряд "плюс" Plus		Фотон Photon		Гравитон Graviton	
				00-1 <sup>-1</sup>		0-10 <sup>-3</sup>		-100 <sup>-9</sup>	
				Заряд "минус" Minus		Антифотон Antiphoton		Антигравитон Antigraviton	
				10-1 <sup>+8</sup>		1-10 <sup>+6</sup>			
				Антиконденсон Anticondenson		Нейтрино Neutrino		Антинейтрино Antineutrino	
				101 <sup>+10</sup>		110 <sup>+12</sup>			
				Конденсон Condenson		Чёрный U-магнитон Black U-magniton		Чёрный S-магнитон Black S-magniton	
				01-1 <sup>+2</sup>		011 <sup>+4</sup>			
				U-магнитон U-magniton		S-магнитон S-magniton			
				0-1-1 <sup>-4</sup>		0-11 <sup>-2</sup>			
				Чёрный U-магнитон Black U-magniton		Чёрный S-магнитон Black S-magniton			
				-10-1 <sup>-10</sup>		-101 <sup>-8</sup>		-110 <sup>-6</sup>	
				Чёрный антиконденсон Black anticondenson		Чёрный конденсон Black condenson		Чёрное нейтрино Black neutrino	
				-10-1 <sup>-12</sup>		-101 <sup>-8</sup>		-110 <sup>-6</sup>	
				Чёрное антинейтрино Black antineutrino		Чёрный конденсон Black condenson		Чёрное нейтрино Black neutrino	
				11-1 <sup>+11</sup>		111 <sup>+13</sup>			
				Электрон Electron		Позитрон Positron			
				1-1-1 <sup>+5</sup>		1-11 <sup>+7</sup>			
				Чёрный электрон Black electron		Чёрный позитрон Black positron			
				-11-1 <sup>-7</sup>		-111 <sup>-5</sup>			
				Виртуальный электрон Virtual electron		Виртуальный позитрон Virtual positron			
				-1-1-1 <sup>-13</sup>		-1-11 <sup>-11</sup>			
				Призрак электрона Prisrack electron		Призрак позитрона Prisrack positron			

К В А Н Т Ы  
Период N  
П О Л Е И  
К В А Н Т Ы  
Период N  
П О Л Е И

Ключ

Элементарный номер:  
трочный  
десятичный  
Степень реальности  
Обозначение  
Квантовый заряд

$-110^{-6}$   
 $b\nu^+$   
Чёрное нейтрино  
Black neutrino

Название / Name

В  
О  
К  
О  
Т  
У  
Ы  
Т  
А  
В  
К  
+3+2  
+3-2  
-3+2  
-3-2

Фаза  
+2  
-2

Фаза

Поля  
 $\delta^-$  &  $\delta^+$  – магнитное  
 $\nu^-$  &  $\nu^+$  – гравитационное  
 $\chi^-$  &  $\chi^+$  – электростатическое  
( $e^-$  &  $e^+$ ) – электромагнитное

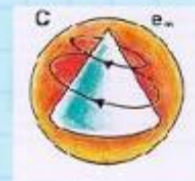
$e^-$  &  $e^+$  К периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева  
 $+24 e^-$  &  $e^+$  – электрический ток

Общий закон взаимодействия

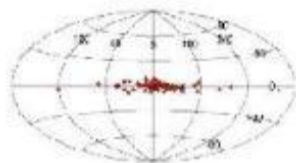
$$F = [G, j, k] \frac{\kappa_{1000} K[m, J, e] \kappa_{2000} K[m, J, e]}{r^2}$$

# Характеристики кварков

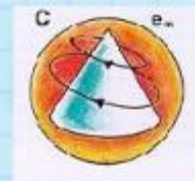
Электрический заряд Q	-1/3	+2/3	-1/3	+2/3	-1/3	+2/3
Барионное число B	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
Спин J	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Четность P	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Изоспин I	1/2	1/2	0	0	0	0
Проекция изоспина I <sub>3</sub>	-1/2	+1/2	0	0	0	0
Странность s	0	0	-1	0	0	0
Charm c	0	0	0	+1	0	0
Bottomness b	0	0	0	0	-1	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	~0.00	0.08-	1.1-	4.1-	174±



# РАССМОТРИМ ЗАДАЧИ







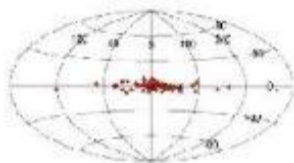
Какая энергия выделяется при аннигиляции электрона и позитрона?

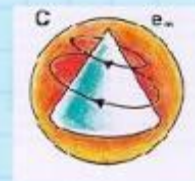
А.  $m_e c$ .

Б.  $\frac{m_e c^2}{2}$ .

В.  $m_e c^2$ .

Г.  $2m_e c^2$ .





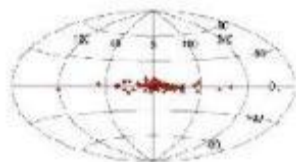
Какая энергия выделяется при аннигиляции протона и антипротона?

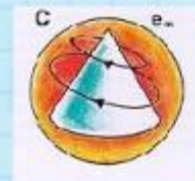
А.  $2m_e c^2$ .

Б.  $m_p c$ .

В.  $\frac{m_p c^2}{2}$ .

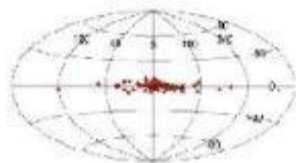
Г.  $m_p c$

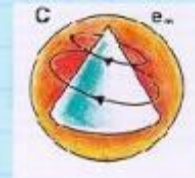




# При каких ядерных процессах возникает нейтрино?

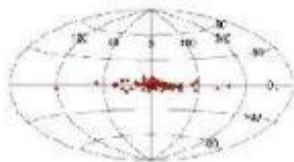
- А. При  $\alpha$  - распаде.
- Б. При  $\beta$  - распаде.
- В. При излучении  $\gamma$  - квантов.
- Г. При любых ядерных превращениях

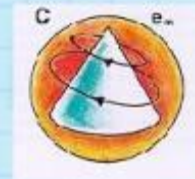




# При каких ядерных процессах возникает антинейтрино?

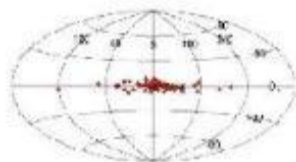
- А. При  $\alpha$  - распаде.
- Б. При  $\beta$  - распаде.
- В. При излучении  $\gamma$  - квантов.
- Г. При любых ядерных превращениях

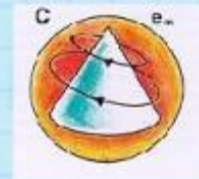




# Протон состоит из ...

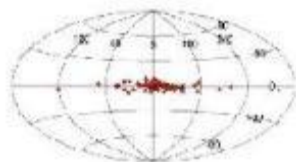
- А. . . .нейтрона, позитрона и нейтрино.
- Б. . . .мезонов.
- В. . . .кварков.
- Г. Протон не имеет составных частей.





# Нейтрон состоит из ...

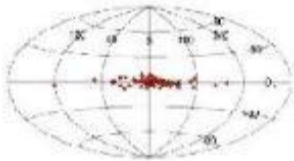
- А. . . . протона, электрона и нейтрино.
- Б. . . . мезонов.
- В. . . . кварков.
- Г. Нейтрон не имеет составных частей.

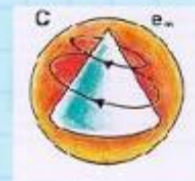


# Что было доказано опытами Дэвиссона и Джермера?



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





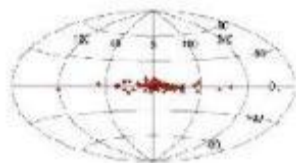
Какая из приведенных формул определяет длину волны де-Бройля для электрона ( $m$  и  $v$  — масса и скорость электрона)?

А.  $cT$ .

Б.  $\frac{c}{v}$ .

В.  $\frac{h}{mv}$ .

Г.  $\frac{h}{mc}$ .





# Тест



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

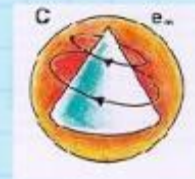
**А.** Электроны, протоны. **Б.** Ядра атомов. **В.** Атомы, молекулы вещества и античастицы.

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:

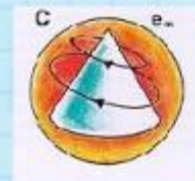
**А.** Подтверждается на опыте аннигиляции электрона и позитрона. **Б.** Подтверждается на опыте аннигиляции электрона и протона.

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.KEMTIPR.RU/LIB/27/48.HTM>
- Частицы и античастицы / <http://www.pppa.ru/additional/02phy/07/phy23.php>
- 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](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](http://znaniya-sila.narod.ru/physics/physics_atom_04.htm)
- Кварк. Материал из Википедии — свободной энциклопедии / <http://ru.wikipedia.org/wiki/%CA%E2%E0%EA>
- 2.0 кварках. / <http://www.milogiya.narod.ru/kvarki1.htm>
- Гармония радуги / <http://www.milogiya2008.ru/uzakon5.htm>

