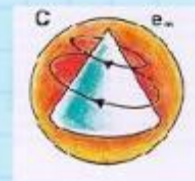


Муниципальное бюджетное нетиповое  
общеобразовательное учреждение  
"Гимназия №1 имени Тасирова Г.Х. города  
Белово"

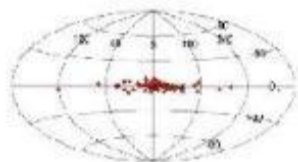


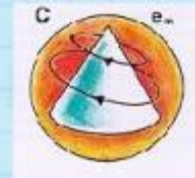
# **Элементарные частицы**

Презентация к уроку физики в 11 классе  
(профильный уровень)

Выполнила: Попова И.А.,  
учитель физики

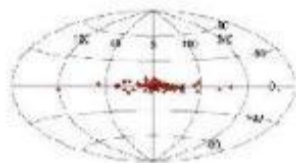
Белово, 2012 г.



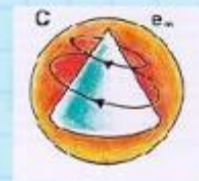


# ЦЕЛЬ:

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?

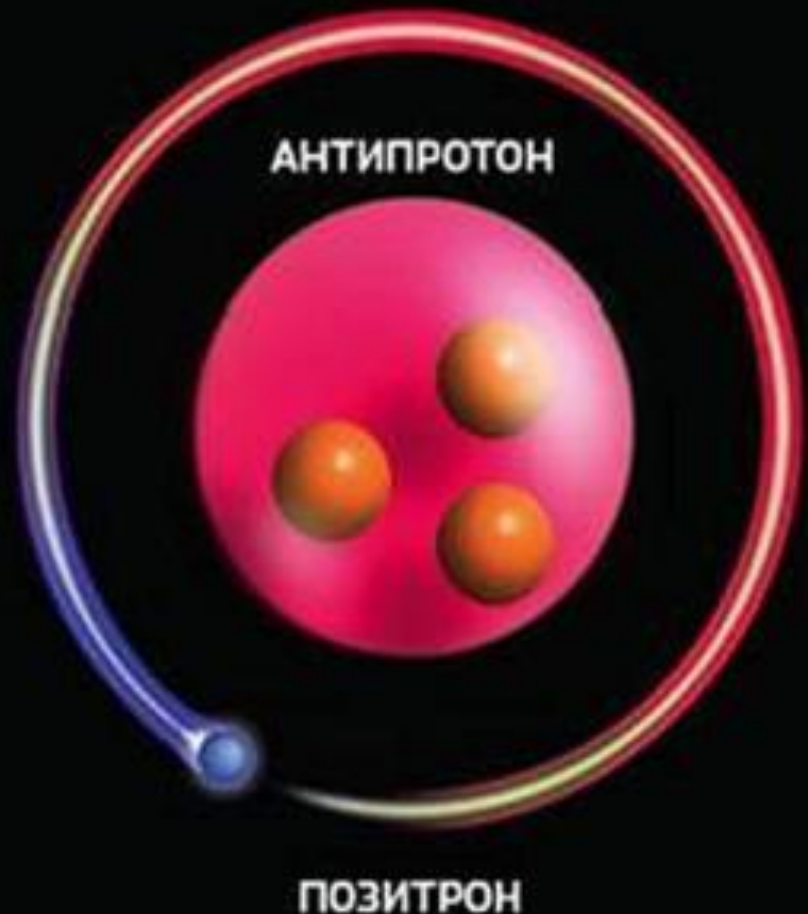
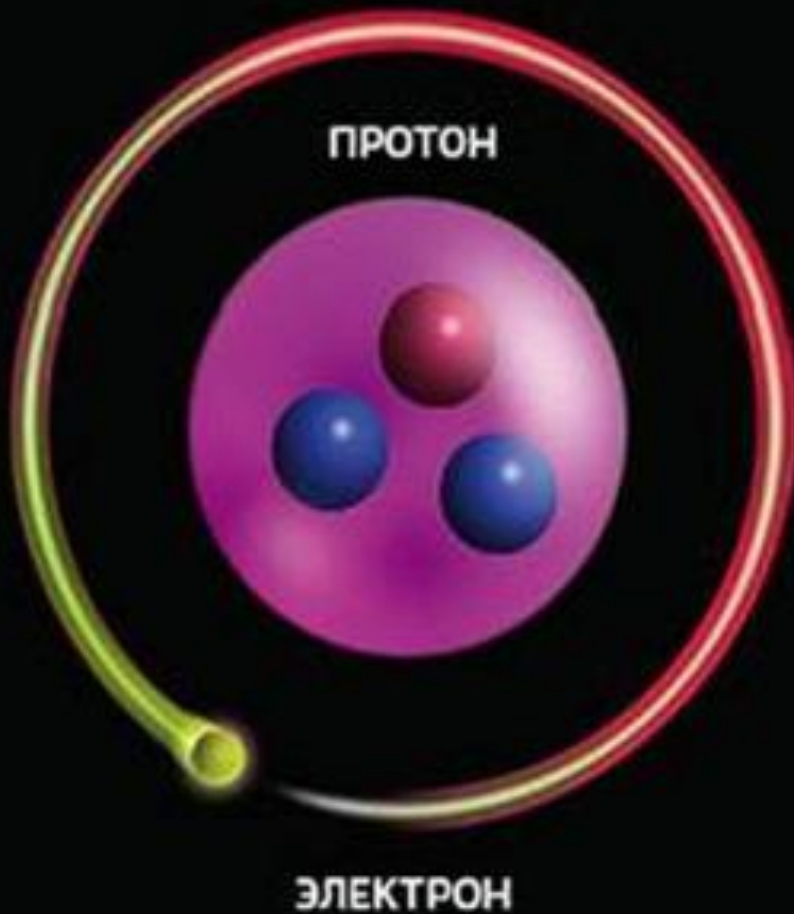


"Не существует ничего, кроме атомов и чистого пространства, все остальное - воззрение"

- 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

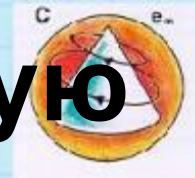
Открытие (гипотеза)

## Третий этап

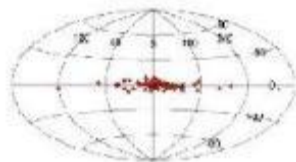
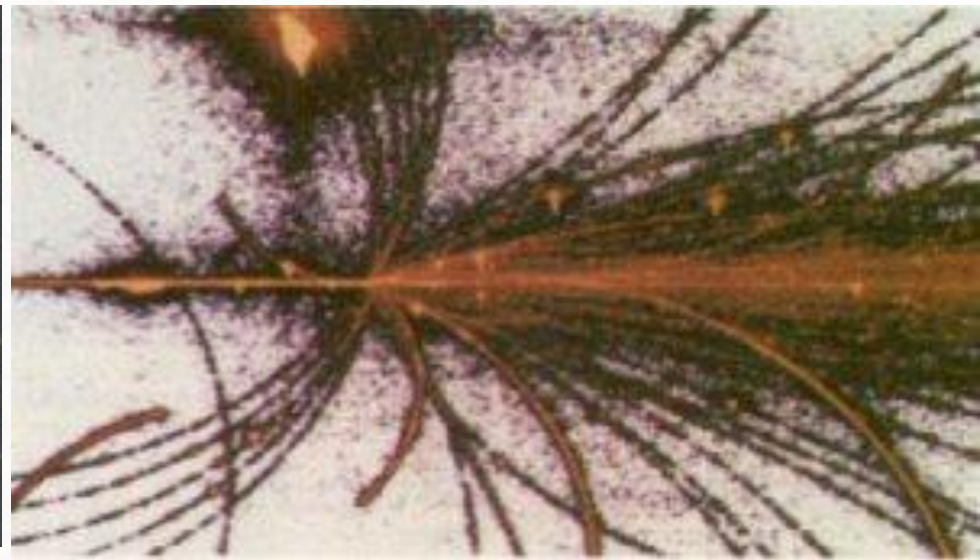
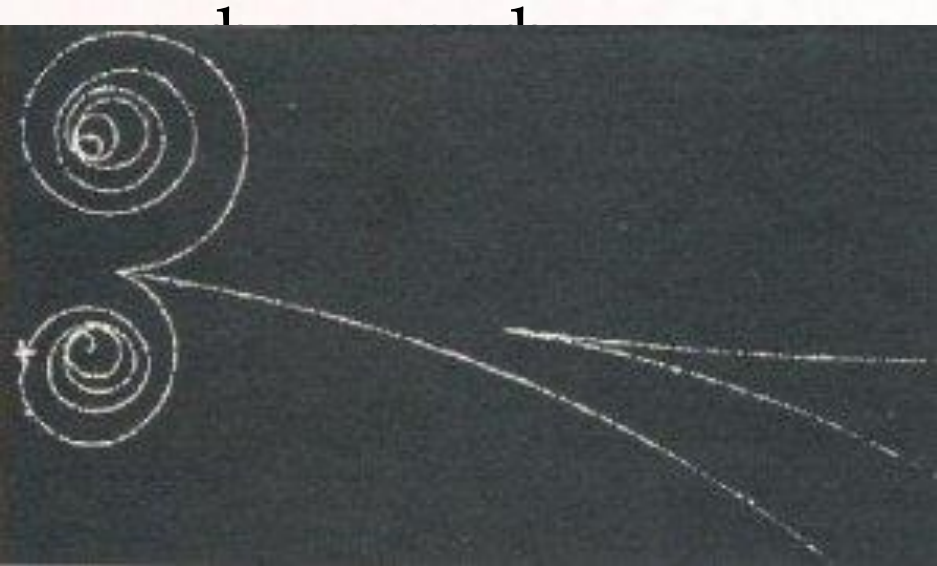
1962 г.	М. Гелл-Манн и независимо Дж. Цвейг	Предложили модель строения сильно взаимодействующих частиц из фундаментальных частиц - кварков
---------	-------------------------------------	--

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

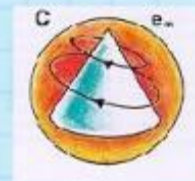
# Как обнаружить элементарную частицу?



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

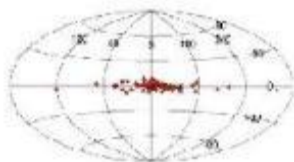


# Классификация элементарных частиц



Все частицы делятся на:

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



## Фундаментальные частицы

КВАРКИ	LEPTONY	БОЗОНЫ			
масса — заряд — спин —	масса — заряд — спин —	масса — заряд — спин —	масса — заряд — спин —	масса — заряд — спин —	масса — заряд — спин —
2,4 МэВ 2/3 1/2	0 1/2	1,27 ГэВ 2/3 1/2	171,2 ГэВ 2/3 1/2	0 0 1	$\gamma$ фотон
u up верхний	$\nu_e$ электронное нейтрино	c charm очарованный	t top (truth) истинный	1	
4,8 МэВ -1/3 1/2	0 1/2	104 МэВ -1/3 1/2	4,2 ГэВ -1/3 1/2	0 0 1	g глюон
d down нижний	$\nu_\mu$ мюонное нейтрино	s strange странный	b bottom (beauty) преlestный	1	
< 2,2 эВ 0 1/2	0 1/2	< 0,17 МэВ 0 1/2	< 15,5 МэВ 0 1/2	91,2 ГэВ 0 1	$Z^0$ z-бозон
$\nu_e$ электронное нейтрино	$\nu_\mu$ мюонное нейтрино	$\nu_\tau$ тау- нейтрино		1	
0,511 МэВ -1 1/2	105,7 МэВ -1 1/2	1,777 ГэВ -1 1/2	80,4 ГэВ $\pm$ ±1 1		$W^\pm$ w-бозон
e электрон	$\mu$ мюон	$\tau$ тау-лептон			
I	II	III			

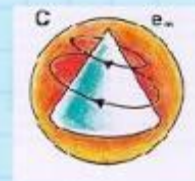
Три поколения фермионов



## Кварки

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

Up (Верхний) Down (Нижний)	u	u <sub>r</sub>	u <sub>g</sub>	u <sub>кp</sub>	310	+2/3
	d	d <sub>r</sub>	d <sub>g</sub>	d <sub>кp</sub>	310	-1/3
Charm (Очарованный) Strange (Странный)	c	c <sub>r</sub>	c <sub>g</sub>	c <sub>кp</sub>	1500	+2/3
	s	s <sub>r</sub>	s <sub>g</sub>	s <sub>кp</sub>	505	-1/3
Top Truth (Истинный) Bottom beauty (Красивый)	t	t <sub>r</sub>	t <sub>g</sub>	t <sub>кp</sub>	(Гипотетическая частица), >2250	+2/3
	b	b <sub>r</sub>	b <sub>g</sub>	b <sub>кp</sub>	0 около 5000	-1/3

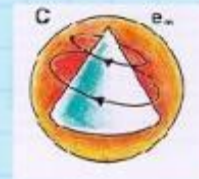


# Кварки

- **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

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

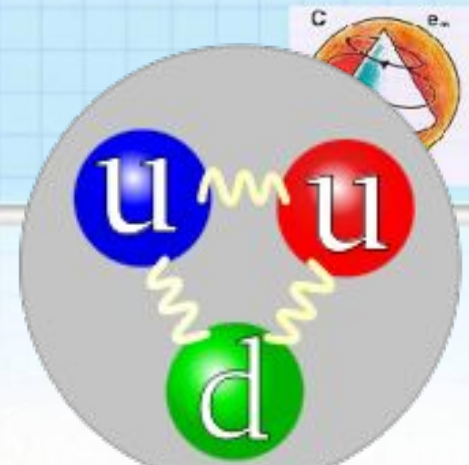
# Спины некоторых микрочастиц



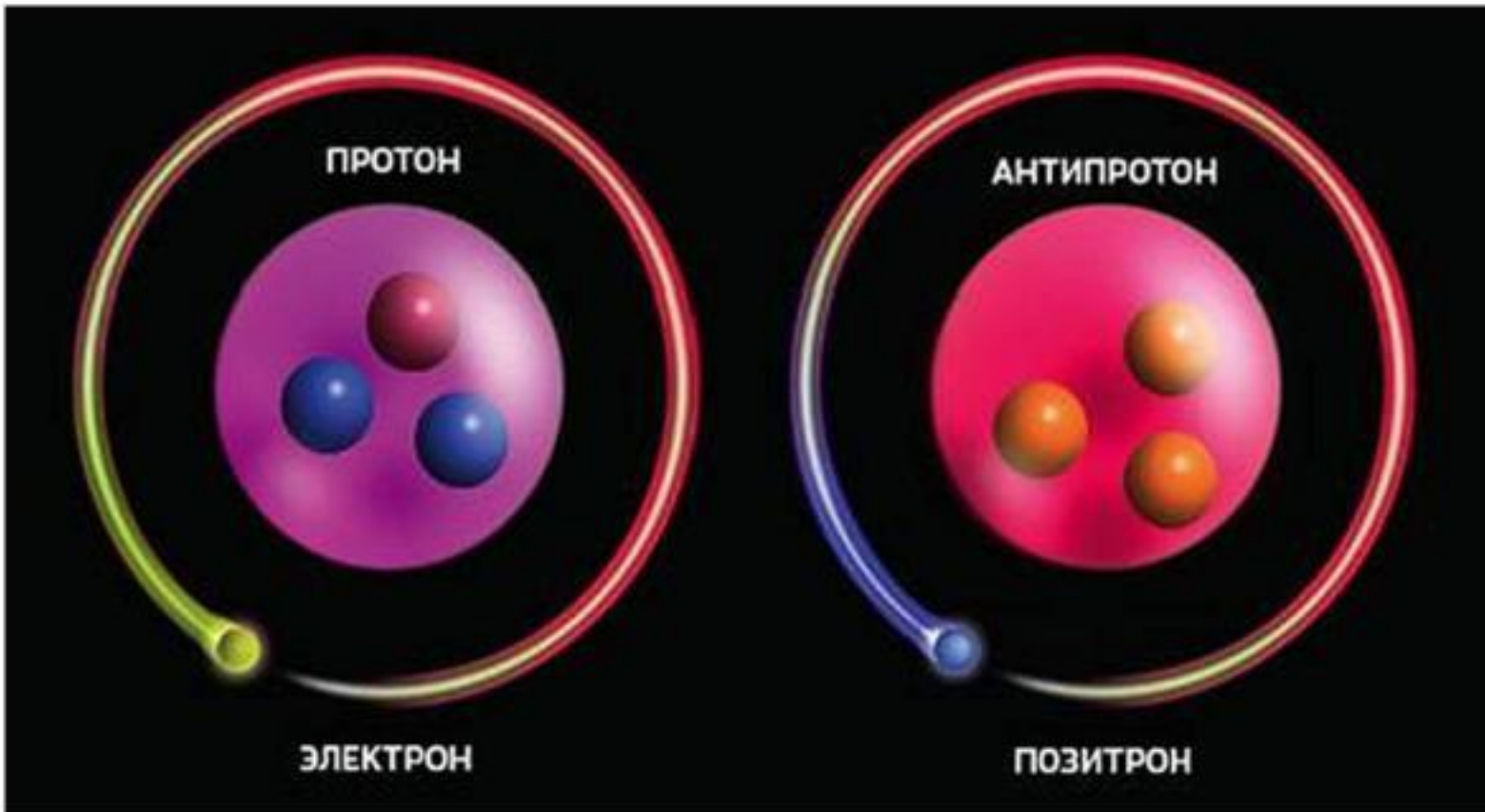
Спин	Общее название частиц	Примеры
0	скалярные частицы	$\pi$ -мезоны, $K$ -мезоны, хиггсовский бозон, атомы и ядра ${}^4\text{He}$ , чётно-чётные ядра, парапозитроний
1/2	спинорные частицы	электрон, кварки, протон, нейтрон, атомы и ядра ${}^3\text{He}$
1	векторные частицы	фотон, глюон, векторные мезоны,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

# Кварки

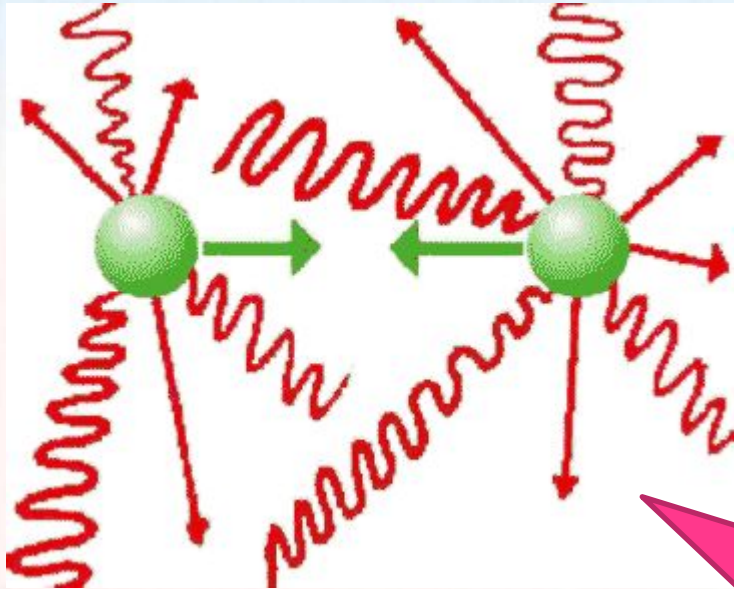
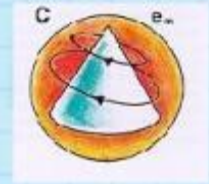
- Кварки участвуют в **сильных** взаимодействиях, а также в **слабых** и в **электромагнитных**



- Заряд до +
- Кварки являются составляющими адронов нейтральных



# Четыре вида физических взаимодействий



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

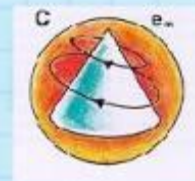
Ядерны  
е

**Слабое взаимодействие** определяет природу частиц.

**Сильные взаимодействия** определяют различные ядерные реакции, возникновение сил, связанных с протонами в ядрах.

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

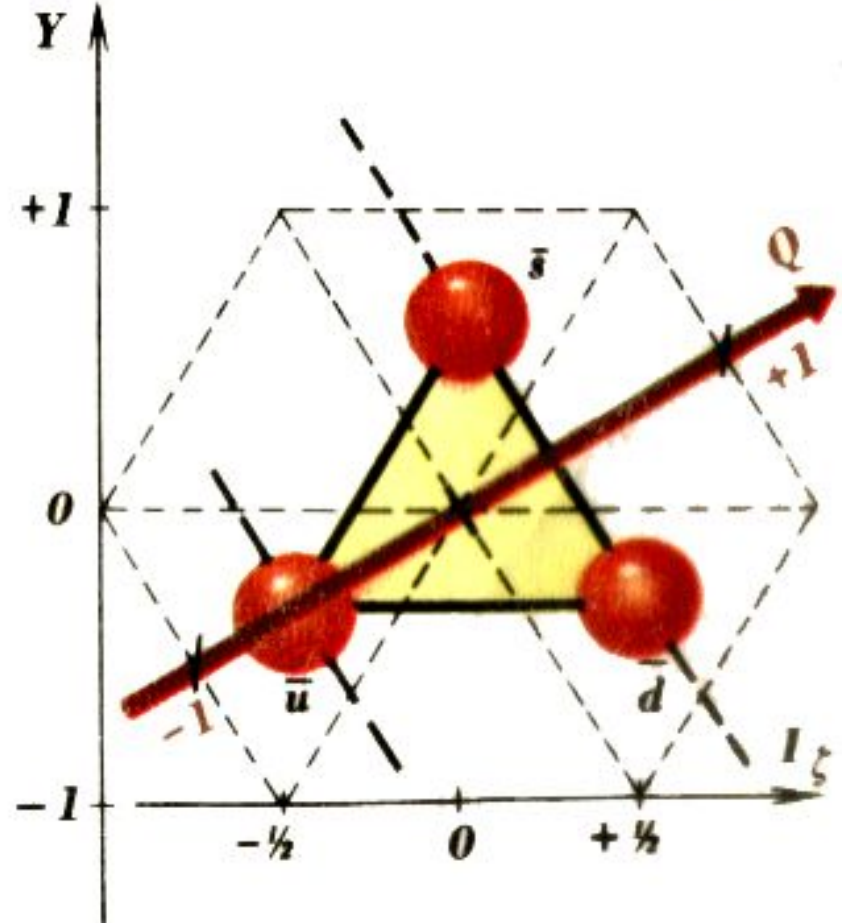
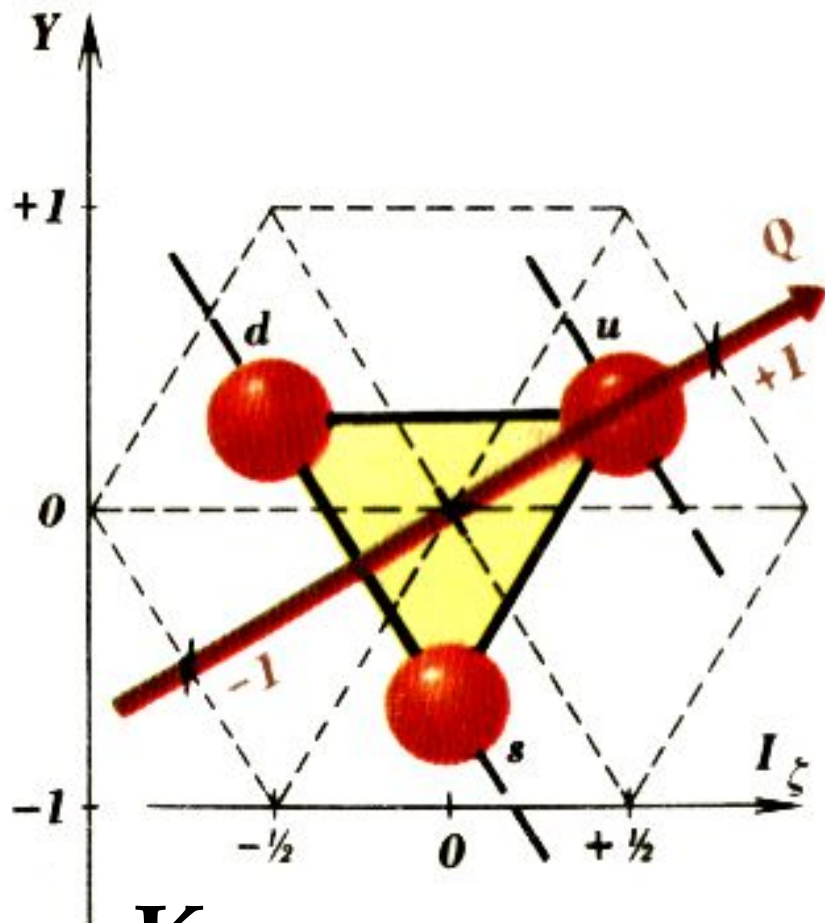
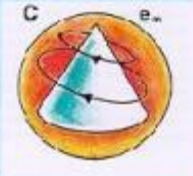
# Четыре вида физических взаимодействий



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.

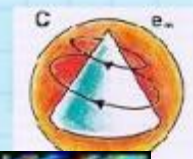
# Свойства кварков



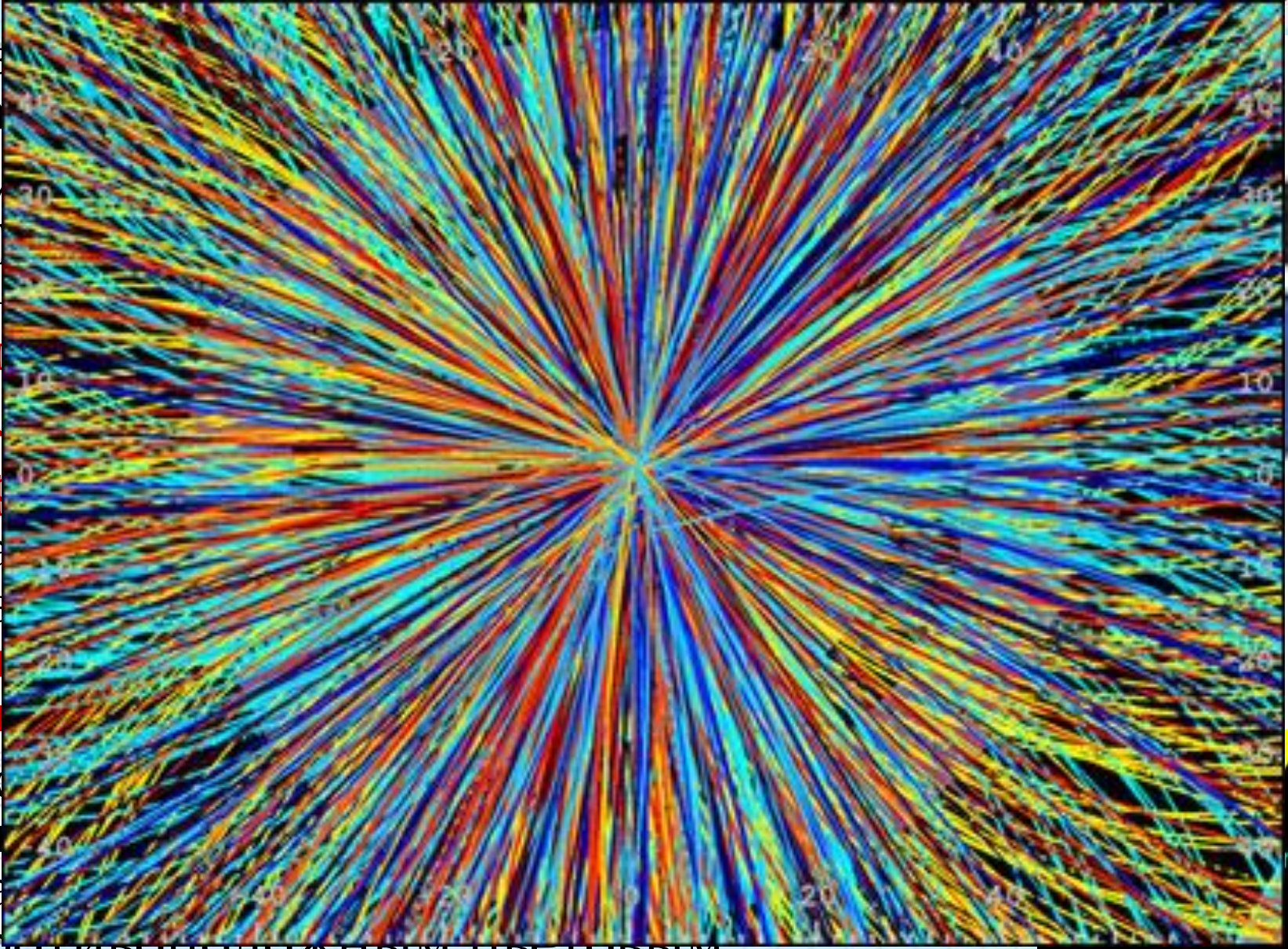
Кварковые супермультиплеты  
(триада  $\langle u, d, s \rangle$  и антитриада  $\langle \bar{u}, \bar{d}, \bar{s} \rangle$ )



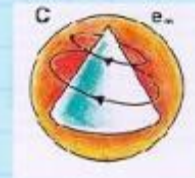
# Свойства кварков: цвет



- Кв
- на
- Су
- за
- ка
- си
- зе
- Кр
- Ка
- В в
- ан
- ан
- В о
- ан
- а а
- Противоположным цветовым



# 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.

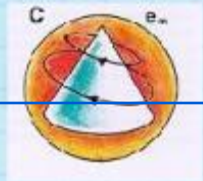
# Свойства кварков: аромат



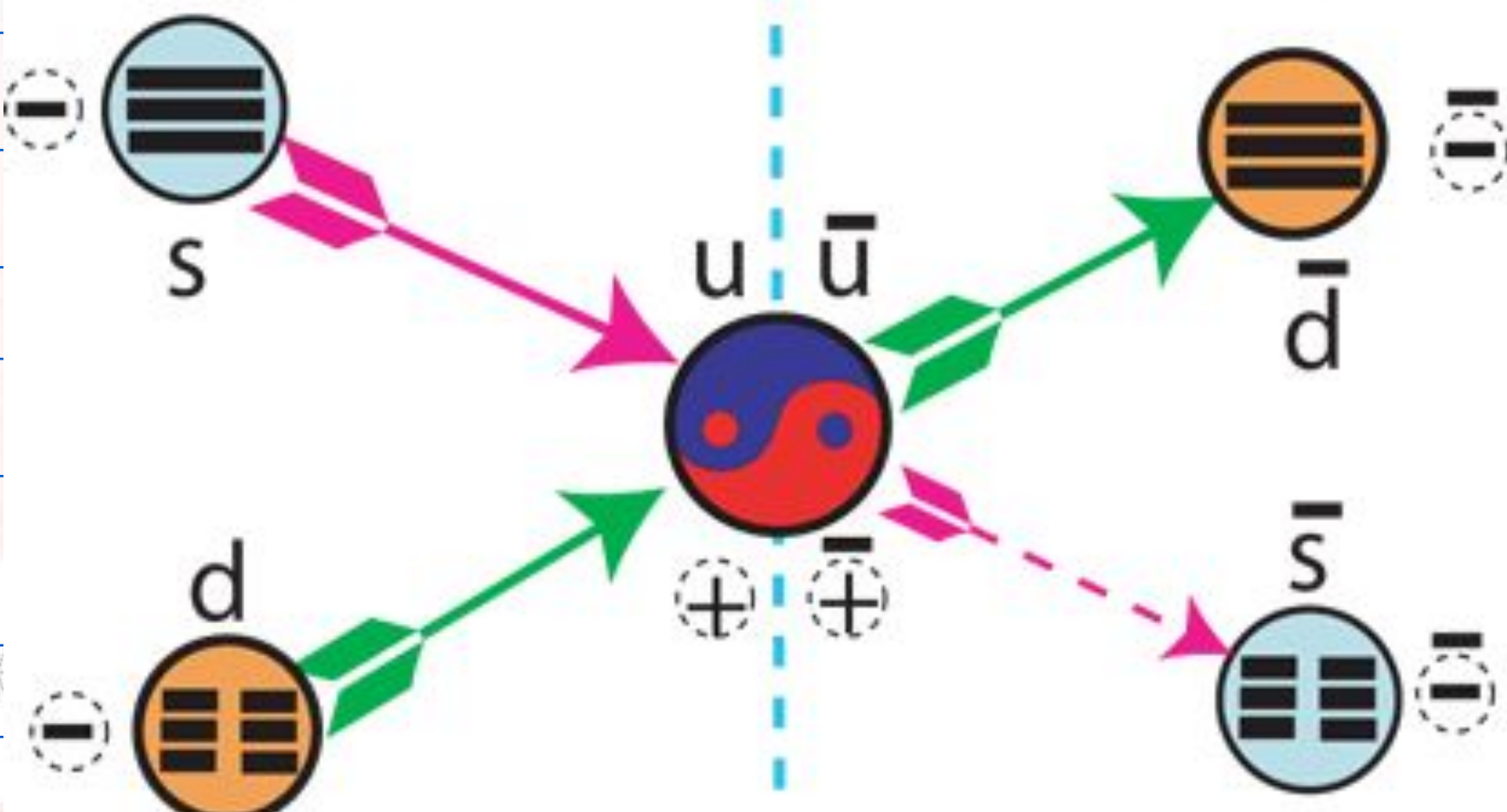
- Каждый аромат (вид) кварка характеризуется такими квантовыми числами, как
- **изоспин  $I_z$ ,**
- **странность  $S$ ,**
- **очарование  $C$ ,**
- **прелесть (боттомность, красота)  $B'$ ,**
- **истинность (топность)  $T$ .**



# Свойства кварков: аромат



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



$c^2$

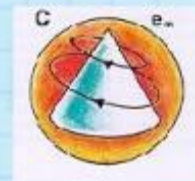
Наименование частиц		Символ		Масса в электронных массах	Электрический заряд	Время жизни, с			
		частица	анти-частица						
Фотон		$\gamma$	$\gamma$	0	0	Стабилен			
Лептоны	Нейтрино электронное	$\nu_e$	$\bar{\nu}_e$	0	0	Стабильно			
	Нейтрино мюонное	$\nu_\mu$	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	Стабильно			
	Тау-нейтрино	$\nu_\tau$	$\bar{\nu}_\tau$	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

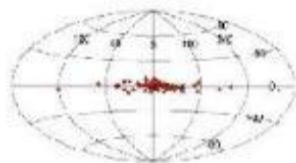
				000 <sup>0</sup> Резон Razon					
				$\rho^0$					
				+1		+2		+3	
0	КВАНТ ПРОСТРАНСТВА	-3	-2	-1	0	1	2	3	
1	КВАНТЫ ЗАРЯДОВ	-100 <sup>-9</sup> $\Phi^-$ Антигравитон Antigraviton	0-10 <sup>-3</sup> $\gamma^-$ Антифотон Antiphoton	00-1 <sup>-1</sup> $\eta^-$ Заряд "минус" Minus	001 <sup>+1</sup> $\eta^+$ Заряд "плюс" Plus	010 <sup>+3</sup> $\gamma^+$ Фотон Photon	100 <sup>+9</sup> $\Phi^+$ Гравитон Graviton		
	И								
	П								
	Л								
	Е								
	Я								
	З								
	П								
	Е								
	Р								
	И								
	О								
	Д								
	А								
	К								
	В								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								
	У								
	Р								
	О								
	Д								
	А								
	С								
	Т								

# Характеристики кварков

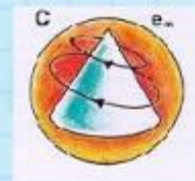
Электрический заряд $Q$	$-1/3$	$+2/3$	$-1/3$	$+2/3$	$-1/3$	$+2/3$
Барионное число $B$	$1/3$	$1/3$	$1/3$	$1/3$	$1/3$	$1/3$
Спин $J$	$1/2$	$1/2$	$1/2$	$1/2$	$1/2$	$1/2$
Четность $P$	$+1$	$+1$	$+1$	$+1$	$+1$	$+1$
Изоспин $I$	$1/2$	$1/2$	$0$	$0$	$0$	$0$
Проекция изоспина $I_3$	$-1/2$	$+1/2$	$0$	$0$	$0$	$0$
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	$\sim 0.0$	$\sim 0.00$	0.08-	1.1-	4.1-	174±



# РАССМОТРИМ ЗАДАЧИ







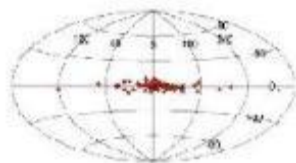
Какая энергия выделяется при аннигиляции электрона и позитрона?

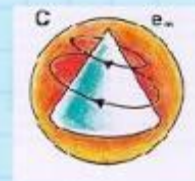
А.  $m_e c$ .

Б.  $\frac{m_e c^2}{2}$ .

В.  $m_e c^2$ .

Г.  $2m_e c^2$ .





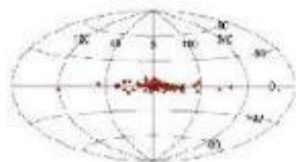
Какая энергия выделяется при аннигиляции протона и антипротона?

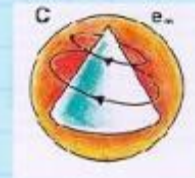
А.  $2m_e c^2$ .

Б.  $m_p c$ .

В.  $\frac{m_p c^2}{2}$ .

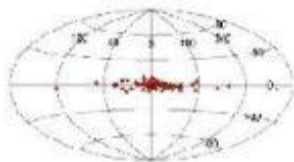
Г.  $m_p c$





# При каких ядерных процессах возникает нейтрино?

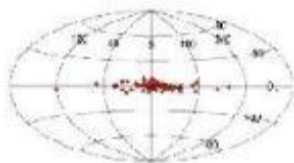
- А. При  $\alpha$  - распаде.
- Б. При  $\beta$  - распаде.
- В. При излучении  $\gamma$  - квантов.
- Г. При любых ядерных превращениях

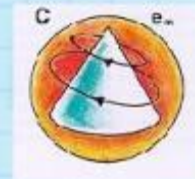




# При каких ядерных процессах возникает антинейтрино?

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

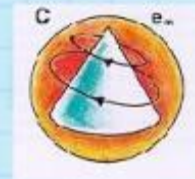




# Протон состоит из ...

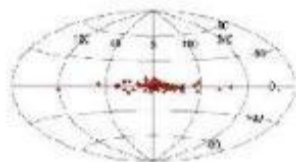
- А. . . .нейтрона, позитрона и нейтрино.
- Б. . . .мезонов.
- В. . . .кварков.
- Г. Протон не имеет составных частей.



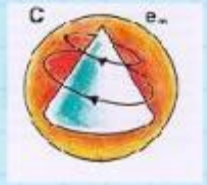


# Нейтрон состоит из ...

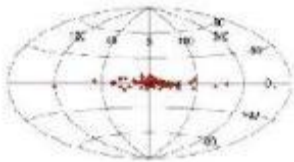
- А. . . . протона, электрона и нейтрино.
- Б. . . . мезонов.
- В. . . . кварков.
- Г. Нейтрон не имеет составных частей.

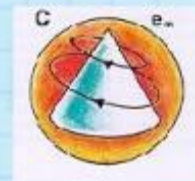


# Что было доказано опытами Дэвиссона и Джермера?



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





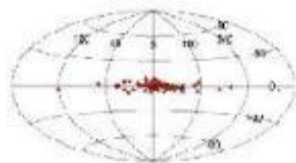
Какая из приведенных формул определяет длину волны де-Бройля для электрона ( $m$  и  $v$  — масса и скорость электрона)?

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?

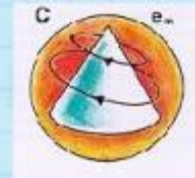
**А.** Электроны, протоны. **Б.** Ядра атомов. **В.** Атомы, молекулы вещества и античастицы.

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:

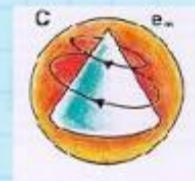
**А.** Подтверждается на опыте аннигиляции электрона и позитрона. **Б.** Подтверждается на опыте аннигиляции электрона и протона.

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>

