

# Элементарные частицы. Античастицы

Школа №625

11 класс

Н.М.Турлакова

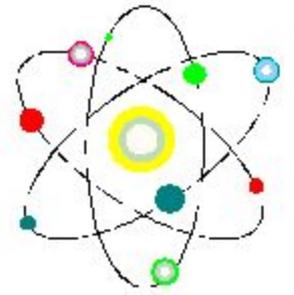
# §114-115. Элементарные частицы. Античастицы.

- План урока
- 1. Презентация «Элементарные частицы».
- 2. Новый материал.
- 3. Закрепление знаний.
- 4. Л.Р. .

# Опрос учащихся

- 1. Какие элементарные частицы вы знаете?
- 2. Что означает термин «элементарный»?
- 3. Существуют ли другие элементарные частицы?
- 4. Чем они могут отличаться?
- 5. Как это можно узнать?

# Элементарные частицы



Известно, что ...

- **протон** и **нейтрон** взаимно превращаются.
- существует более 350 элементарных частиц.
- Они отличаются массой, знаком и величиной заряда, временем жизни.
- Большинство – короткоживущие.
- Карл Дейвид Андерсон (1932 г.) обнаружил **позитрон**.
- Поль Дирак – предсказал его существование и процесс **аннигиляции**. (см. учебник, 1933 г. Подтверждено рпытом).
- 1955 г. Обнаружен антипротон и антинейтрон. Возникла идея антивещества.
- 1969 г. Серпухов. Ядра атомов антигелия.
- Адроны – взаимодействуют посредством ядерных сил (Свойства?)
- 1964 г. Гипотеза о кварках. (См. учебник.)
- Лептоны не взаимодействуют посредством ядерных сил.

# Три этапа

Этап 1. От электрона к позитрону:  
1897-1932 г.



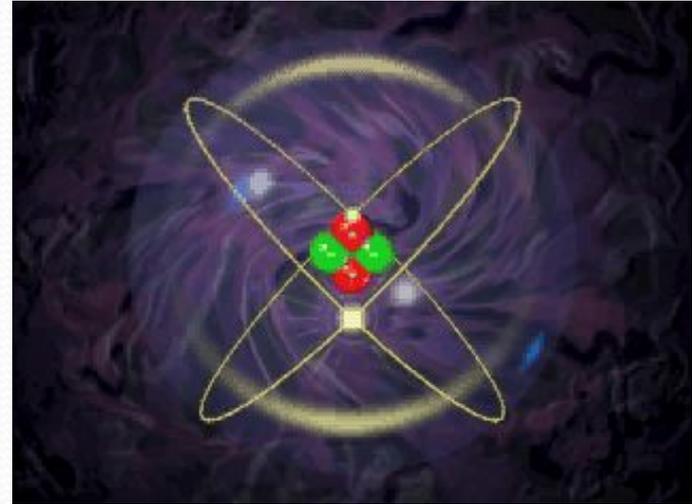
Этап 2. От позитрона к кваркам:  
1932-1964 г.



Этап 3. От гипотезы о кварках до наших  
дней:  
С 1964 г.

# Этап 1. От электрона к позитрону: 1897-1932 г.

- Позитроон
- Электрон



- Отрицательно заряженная легкая частица
- Вокруг ядра



- Положительно заряженная частица
- В ядре



- Незаряженная частица
- В ядре



# Этап 2. От позитрона к кваркам

## Фундаментальные элементарные частицы

Кварки		Лептоны		
Обозначение	Электрический заряд	Название	Обозначение	Электрический заряд
u	$+\frac{2}{3}e$	Электрон	e	-e
c	$+\frac{2}{3}e$	Мюон	$\mu$	-e
t	$+\frac{2}{3}e$	Таон	$\tau$	-e
d	$-\frac{1}{3}e$	Электронное нейтрино	$\nu_e$	0
s	$-\frac{1}{3}e$	Мюонное нейтрино	$\nu_\mu$	0
b	$-\frac{1}{3}e$	Таонное нейтрино	$\nu_\tau$	0

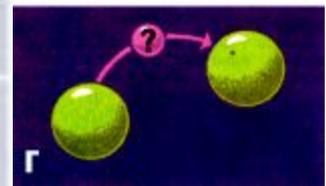
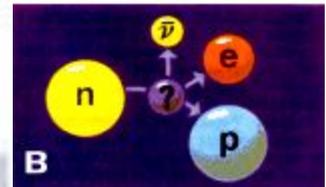
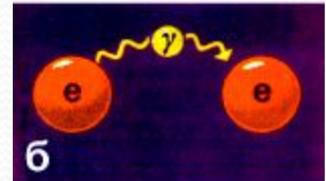
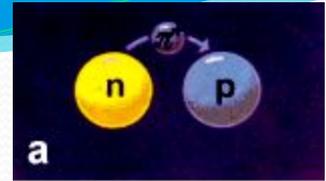
# Элементарные частицы

Класс частиц	Особенности	Частицы
Адроны	Ядерные силы	протон нейтрон
Кварки	В составе адронов	
Лептоны	Не ядерные силы	электрон

# Фундаментальные взаимодействия

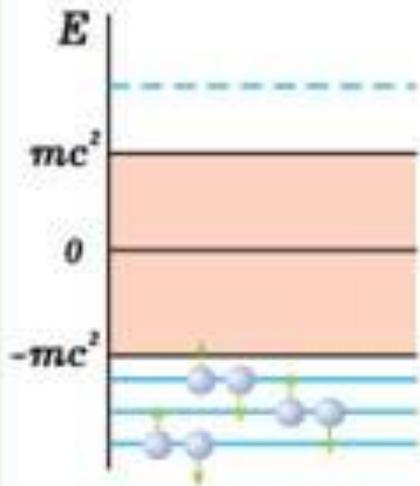
## Фундаментальные взаимодействия

	Сильное	Электромагнитное	Слабое	Гравитационное
Взаимодействующие частицы	кварки, нуклоны	частицы с электрическими зарядами	кварки, лептоны	все частицы
Радиус действия сил	$10^{-13}$ м	$\infty$	$10^{-17}$ м	$\infty$
Относительная сила взаимодействия	1	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-39}$
Частицы - носители взаимодействия	глюоны, мезоны	фотоны	промежуточные бозоны	гравитоны (?)

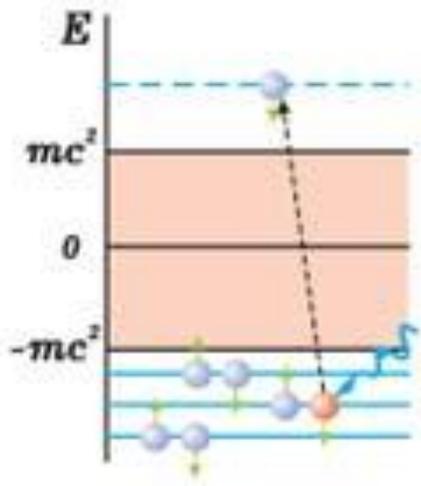


# Частицы и античастицы

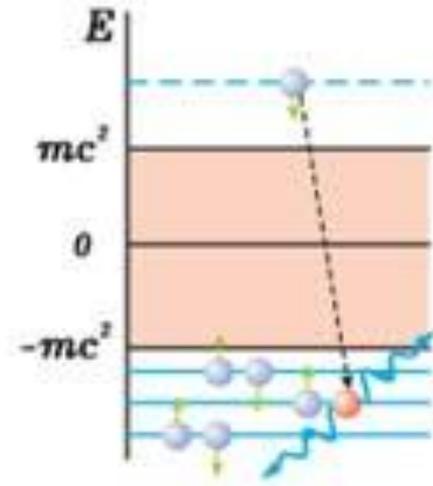
## Рождение и аннигиляция античастиц



Электроны с отрицательной энергией по Дираку



Рождение пары электрон-позитрон из гамма-кванта



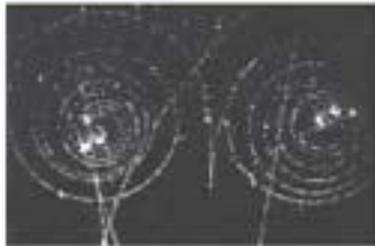
Аннигиляция пары электрон-позитрон с образованием двух гамма-квантов

$$\gamma \longrightarrow h\nu = 2mc^2$$

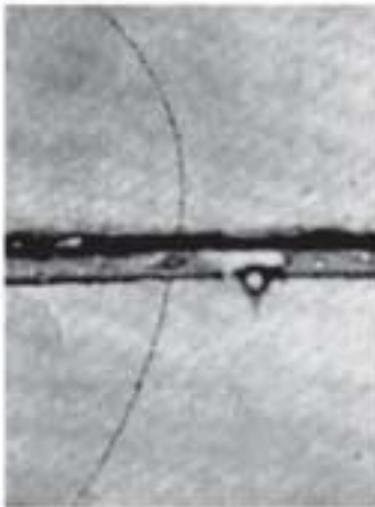
● Позитрон

● Электрон

# Частицы и античастицы



След пары электрон-позитрон в камере, помещенной в магнитное поле

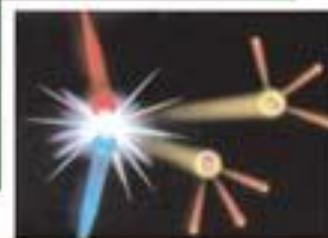
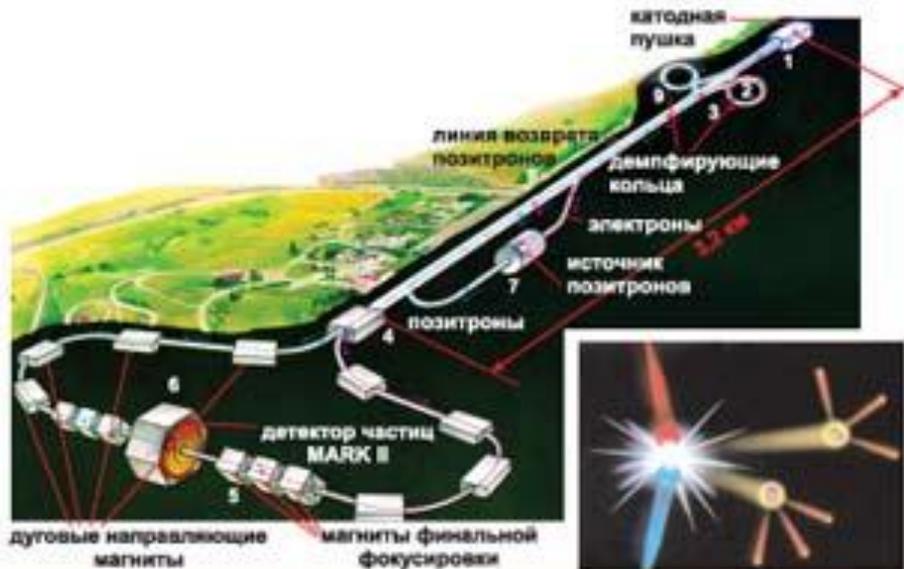


След позитрона в камере Вильсона

## Атомы вещества и антивещества



## Линейный ускоритель на встречных пучках электронов и позитронов

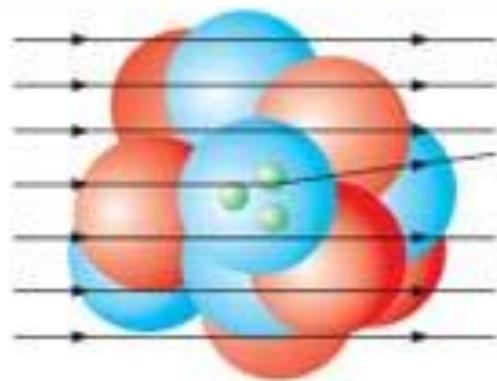


# Этап 3. От гипотезы о кварках до наших дней

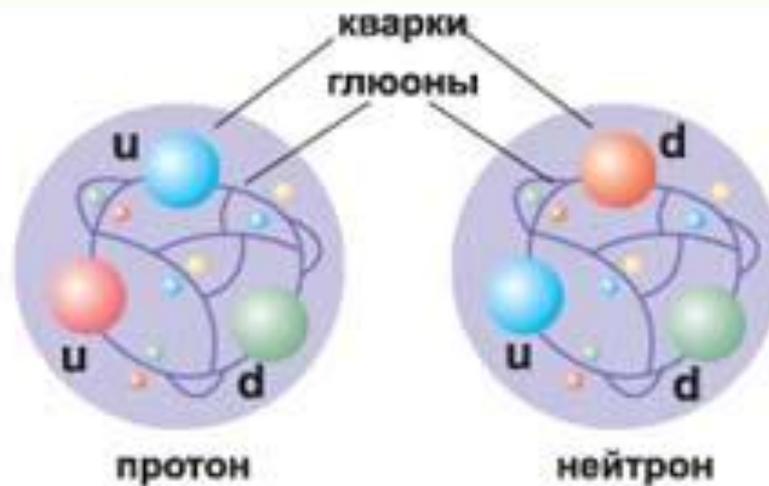


- Почти вся масса любого атома сосредоточена в ядре, которое меньше атома в сто тысяч раз. Ядро сложено из протонов и нейтронов, которые состоят из кварков.
- (Рис. с сайта [www.star.bnl.gov](http://www.star.bnl.gov))

# Строение адронов

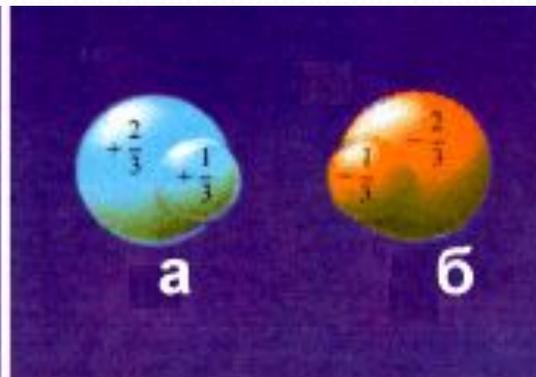
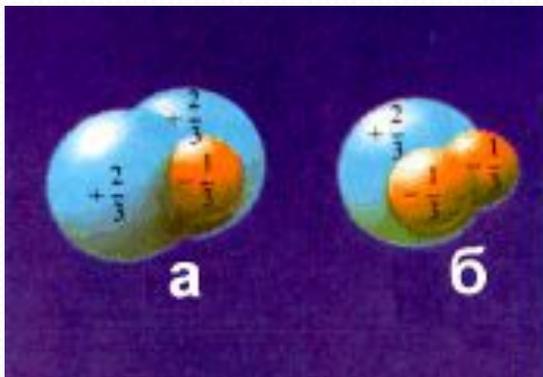


Рассеяние электронов  
внутри ядра

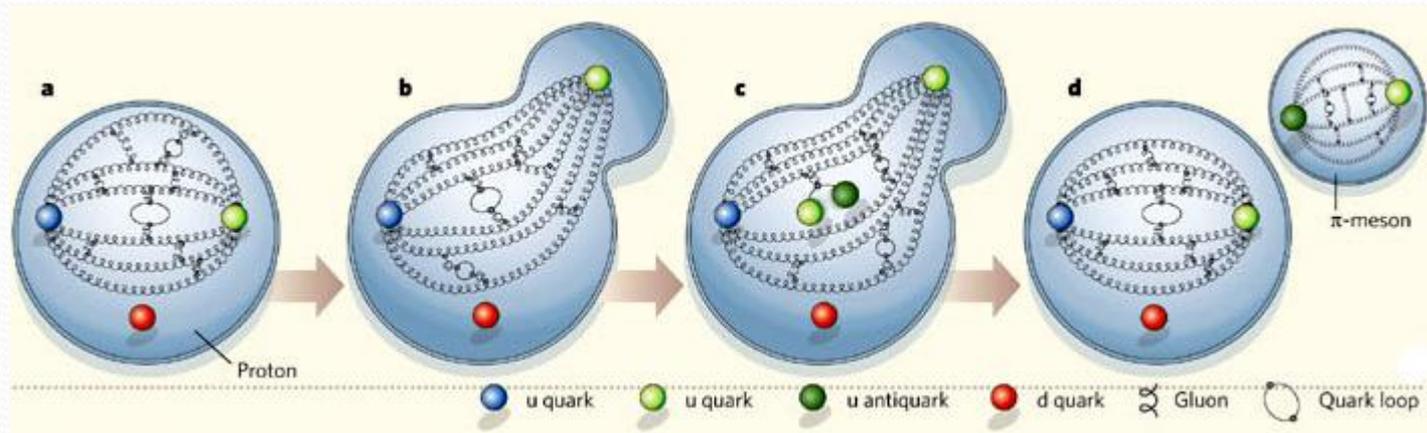


протон

нейтрон



# Глюоны

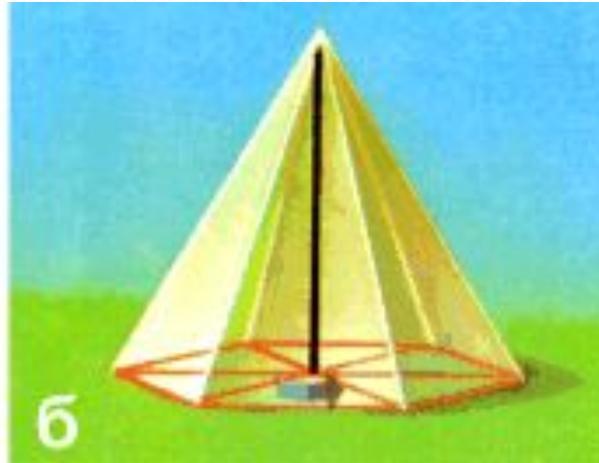
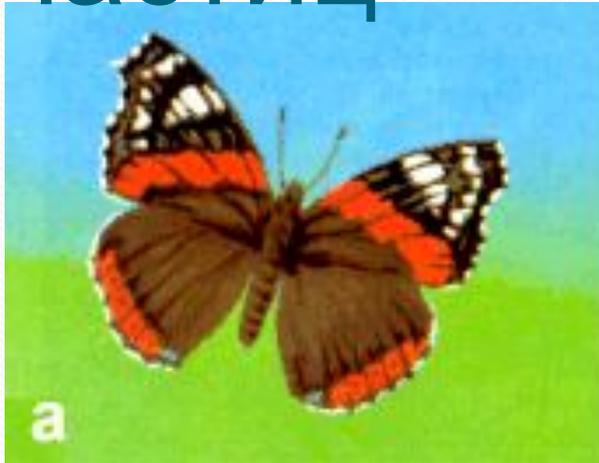


- Глюонные силы, связывающие кварки в протоне, не ослабевают при удалении одного кварка от другого. В результате при попытке «вырвать» кварк из протона глюонное поле порождает дополнительную кварк-антикварковую пару, и от протона уже отделяется не кварк, а пи-мезон. Пи-мезон уже может улететь сколь угодно далеко от протона, потому что силы между адронами ослабевают с расстоянием. (Рис. с сайта [www.nature.com](http://www.nature.com))



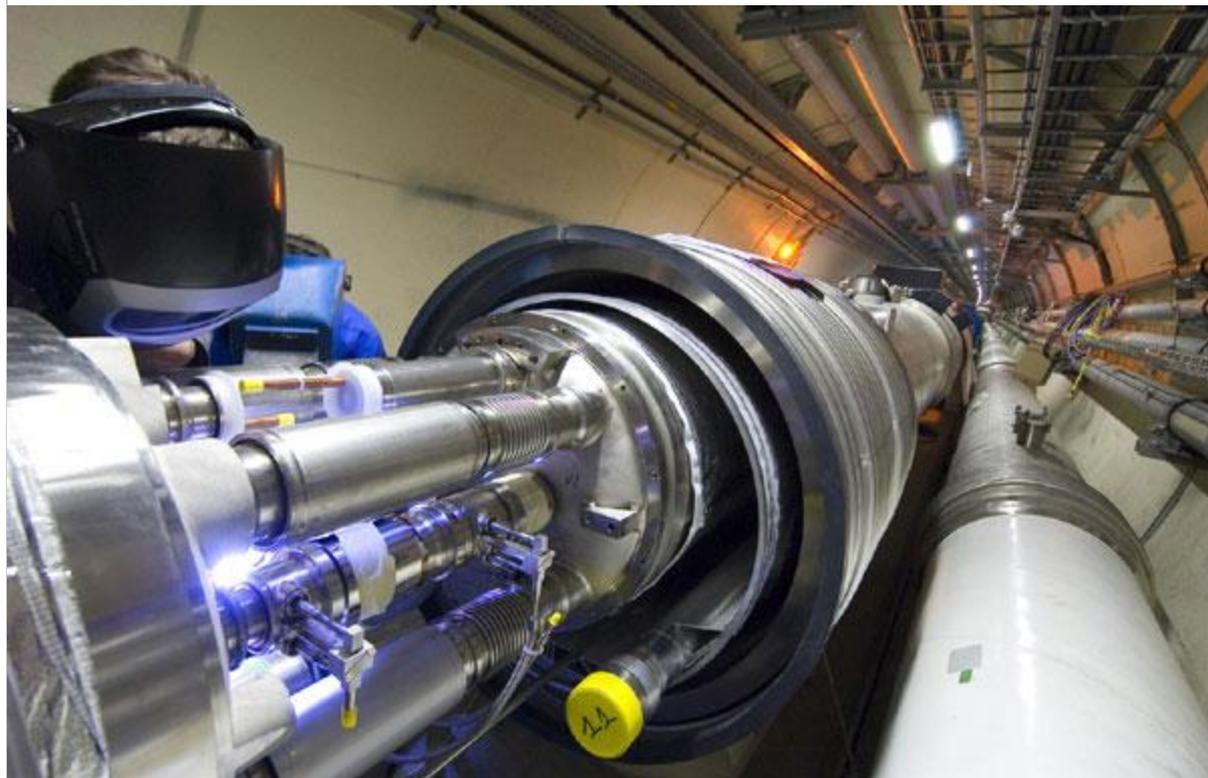
- Чем дальше кварки удаляются друг от друга, тем сильнее становятся связывающие их силы
- (рис. с сайта [nobelprize.org](http://nobelprize.org))

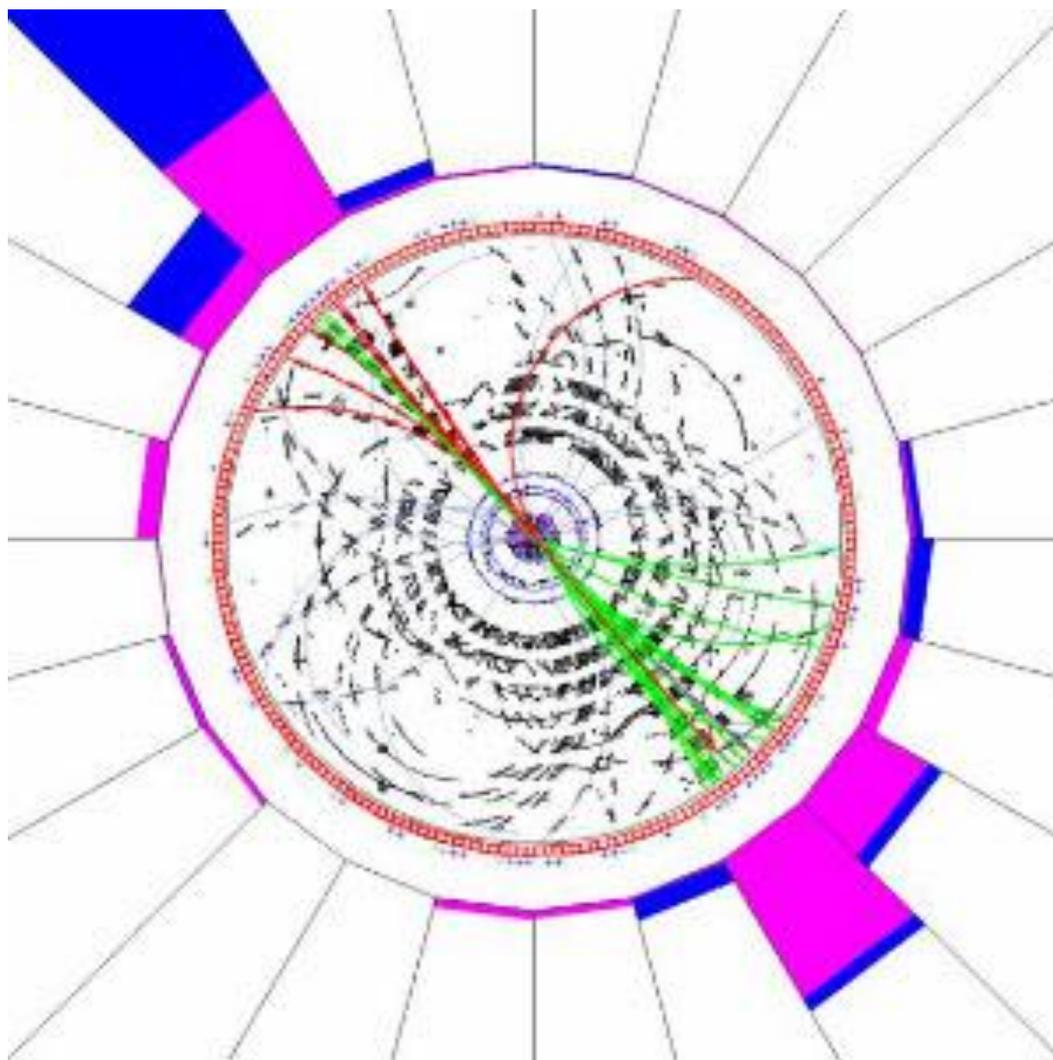
# Симметрия элементарных частиц



- современной теории элементарных частиц концепция симметрии законов относительно некоторых преобразований является ведущей. Симметрия рассматривается как фактор, определяющий существование различных групп и семейств элементарных частиц.

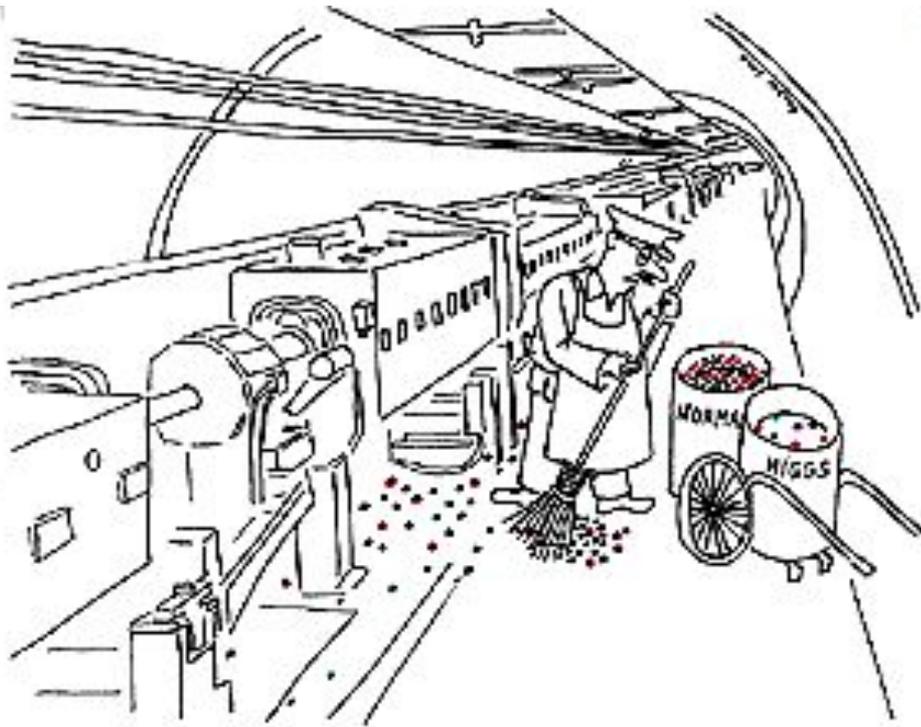
Современные гигантские ускорители строятся вовсе не для того, чтобы провести всего лишь какой-то один опыт над элементарными частицами. В современном эксперименте изучается сразу всё, что может произойти с исходными частицами, фактически проводятся сразу десятки и сотни параллельных экспериментов. На этой фотографии показан момент установки одного из тысяч сверхпроводящих магнитов в туннеле коллайдера LHC. (Фото с сайта [lhc-machine-outreach.web.cern.ch](http://lhc-machine-outreach.web.cern.ch))





- Так выглядит типичное «интересное» событие в детекторе CDF на Тэватроне. Показан вид детектора с торца. Пучки сталкиваются в направлении, перпендикулярном рисунку, а рожденные частицы разлетаются в разные стороны, отклоняясь в магнитном поле. Чем больше импульс частицы, тем слабее она отклоняется. Гистограмма на краях показывает энерговыделение частиц. (Рис. с сайта [www-cdf.fnal.gov](http://www-cdf.fnal.gov))

# «Физическая» работа



- Этот рисунок иллюстрирует ту порой скучную и даже черную работу, которую должны выполнить физики, чтобы выделить редкие события из всей статистики. На самом деле зачастую вообще невозможно достоверно сказать, родилась или нет интересующая нас частица в каждом конкретном событии. Осмысленную информацию можно извлечь только из всей статистики в целом.  
(Artwork: CERN. Рис. с сайта [www.exploratorium.edu](http://www.exploratorium.edu))

# Домашнее задание

- Составить рассказ об элементарных частицах.
- Составить вопросы и ответы «Ералаш»