

# Элементарные



# Частицы

# Этапы развития

Первый этап

Второй этап

Третий этап

# Первый этап

1897

Открытие  
электрона  
(Дж.Томсон)

1919

Открытие  
протона  
(Э.Резерфорд)

1928

Поль Дирак  
предсказал  
существование  $e^+$

1930

Паули  
предсказал  
существование  
нейтрино

1932

Открытие  
нейтрона  
(Дж. Чедвик)

1932

Андерсен  
обнаружил  
существование  $e^+$

# Второй этап

1935

Открытие фотона  
(Хидеки Юкава)

1937

Открытие мюона  
(Андерсен Недермейер)

1952

Открытие  
 $\Delta$  (1236)-резонансы  
Энрико Ферми  
K-мезоны,  
 $\Lambda$  –гипероны –  
странные частицы  
Дональд Глезер

1947

Открытие  
 $\pi$ -мезона  
(Пауэлл)

1962

Открытие мюонного  
нейтрино  
(Университет Беркли,  
синхротрон на 300 МэВ)

# Третий этап

1955

Синхротрон  
Беркли  
США, 7ГэВ

УНК –  
неосуществленный  
проект на 3000 ГэВ  
Серпухово, Россия

SSC –  
неосуществленн  
ый проект  
на 20000 ГэВ  
США

1983

SppS – протон-  
антипротонный  
ускоритель  
коллайдер на  
встречных пучках  
300ГэВ

TEVATRON – pp  
– коллайдер  
1000 ГэВ  
НИ лаборатория  
им. Ферми  
США

2008

На базе SppS  
(ЦЕРН)  
Женева, 7000 ГэВ

# Квантовые числа

Описывают состояние электронов в оболочке атома

Главное

Орбитальное

Магнитное

Спиновое

# Главное квантовое число

Главное  
квантовое число

$$E_n = - \frac{2\pi^2 m e^4}{n^2 h^2}$$





$$n=1,2,3,\dots N$$

В настоящее время считается, что состояние каждого электрона в атоме определяется с помощью четырех квантовых чисел. Первое из них называется главным квантовым числом. Оно обозначается буквой «n» и принимает значение простых целых чисел. Главное квантовое число определяет энергию электрона, степень удаленности от ядра, размеры электронной орбитали.

# Орбитальное квантовое число

Второе квантовое число называется орбитальным. Оно обозначается буквой « $l$ » и принимает значения от 0 до  $n-1$ . Орбитальное квантовое число определяет орбитальный момент импульса электрона, а также пространственную форму электронной орбитали.

Орбитальное квантовое число

| $n$ | $l$              | Вид орбитали | Форма орбитали  |
|-----|------------------|--------------|---|
| 1   | 0(s)             | s            |    |
| 2   | 0,1(s,p)         | p            |   |
| 3   | 0,1,2(s,p,d)     | d            |  |
| 4   | 0,1,2,3(s,p,d,f) | f            |  |







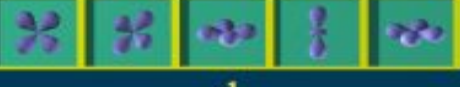








# Магнитное квантовое число

Третье квантовое число называется магнитным. Оно обозначается  $M$  или  $M_z$  и принимает значения от  $-l$  до  $+l$  включая ноль. Магнитное квантовое число определяет значения проекции орбитального момента на одной из осей, а также пространственную ориентацию элементарных орбиталей и их максимальное число на электронном подуровне.

Магнитное квантовое число

$$M_z = \frac{h}{2\pi} m_l \quad m_l = -l, \dots, -1, 0, +1, \dots, +l$$

Пространственная ориентация электронных орбиталей

| $n$ |   |  |  |  |  |
|-----|---|---|---|--|---|
| 4   | N |  |  |  |  |
| 3   | M |  |  |  |  |
| 2   | L |  |  |  |   |
| 1   | K |  |  |  |   |

$s$ 
 $p$ 
 $d$ 
 $f$

# Спиновое квантовое число

Спиновое  
квантовое число

$$S = \frac{h}{2\pi} \sqrt{S \cdot (S+1)}$$

Четвертое квантовое число называется спиновым квантовым числом. Оно обозначается  $m_s$  или  $S$  и может принимать два значения  $+1/2$  и  $-1/2$ . Наличие спинового квантового числа объясняется тем, что электрон обладает собственным моментом импульса («спином»), не связанным с перемещением в пространстве вокруг ядра. Понятие спин не имеет классического аналога. Проще согласится, что он есть, нежели попытаться представить, что же это такое. Это далеко не последний парадокс квантовой механики.

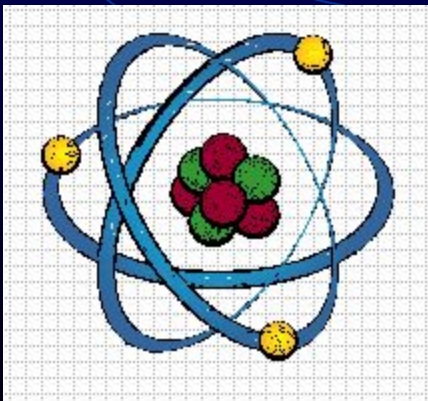
# Виды взаимодействий

Ядерное

Электромагнитное

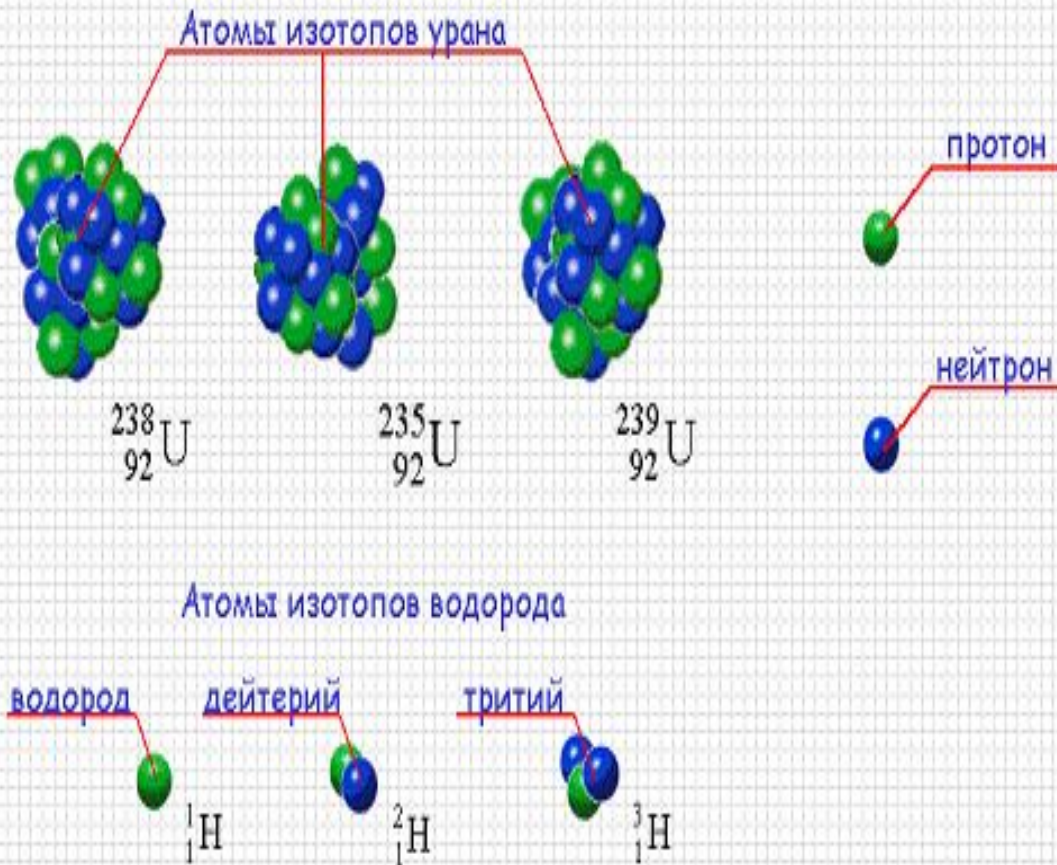
Гравитационное

Слабое



# Ядерное

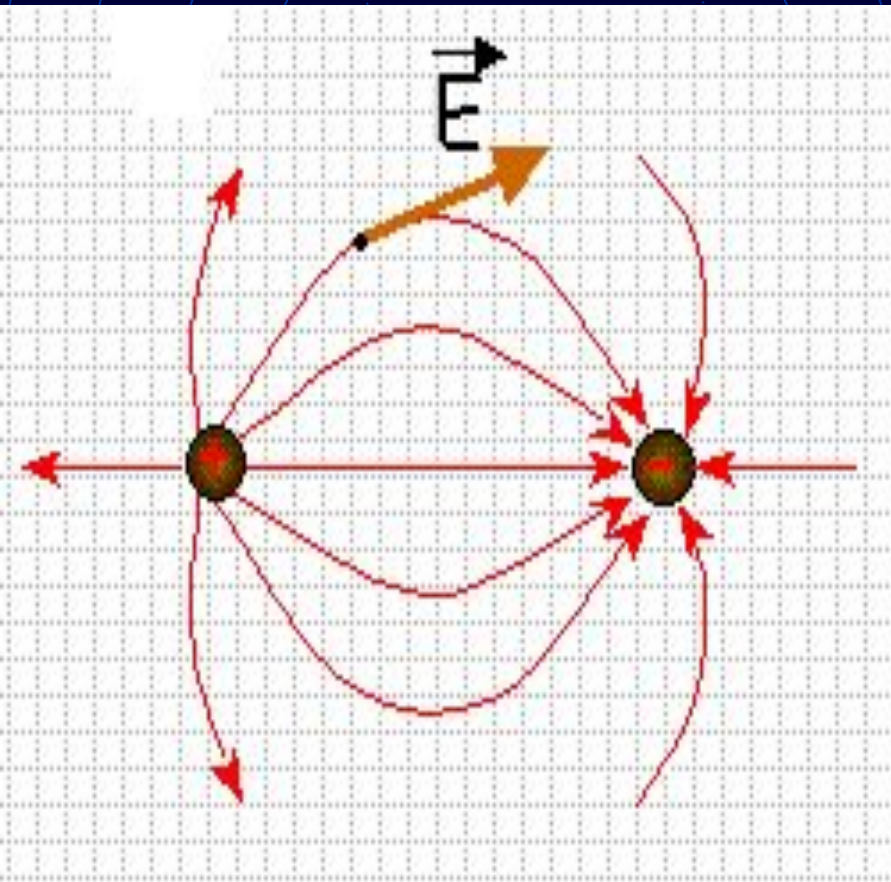
## Состав атомного ядра. Изотопы.



Обуславливает связь нуклонов в ядре. Чрезвычайно огромные ограниченного радиуса ( $R=10^{-15}$  м) силы, действующие только между соседними нуклонами. Они обуславливают сильную связь нуклонов в ядре и превосходят гравитационные силы в  $10^{40}$  раз.



# Электромагнитное



Характерно для всех элементарных частиц за исключением нейтрино, антинейтрино, фотона

Переносчики взаимодействия – фотон

Радиус действия –  $\infty$

Интенсивность (по сравнению с сильным) –  $1/137$   
Характерное время –  $10^{-20}$ с

# Слабое

Ответственно за взаимодействие частиц, происходящих с участием нейтрино или антинейтрино, а так же безнейтринные процессы с большим временем жизни ( $\tau > 10^{-10}$  с)

Переносчики взаимодействия —

промежуточные бозоны

Радиус действия —  $10^{-18}$  м

Интенсивность (по сравнению с сильным) —  $10^{-10}$

Характерное время —  $10^{-13}$  с

# Гравитационное



**Присуще всем телам.**

**Переносчики взаимодействия**  
– гравитоны.

**Радиус действия** –  $\infty$

**Интенсивность** (по  
сравнению с сильным) –  $10^{-38}$



# Характеристики элементарных

частиц

Масса

Среднее время

Магнитный момент

Элементарный заряд

Спин

Изоспин



Лептонное число

Барионное число

Прелестность. Очарованность

Странность

Центр зарядового мультиплетета

# Масса

Масса атомного ядра определяется экспериментально. Она всегда меньше суммы массы составляющих его элементов

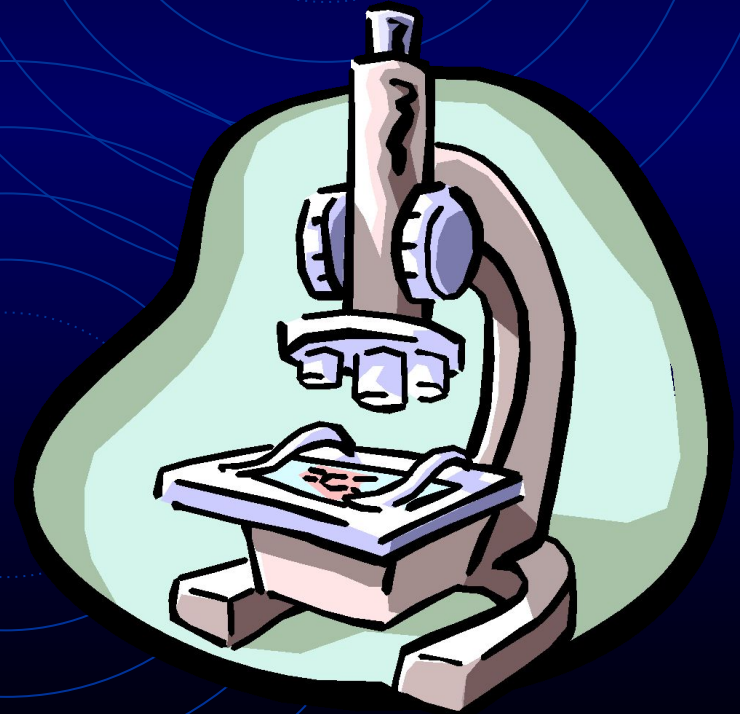
$$m_{0\text{яд}} < Zm_{0\text{р}} + Nm_{0\text{n}}$$

$Z$  – число протонов

$m_{0\text{р}}$  – масса протона

$N$  – число нейтронов

$m_{0\text{n}}$  – масса нейтрона



# Среднее время жизни

Время в течение которого живет частица. Изменяется в пределах от  $\infty$  до  $10^{-24}$  секунды.

Для резонансов является мерой неустойчивости



Мезоны –  $10^{-13}$  с

Нуклоны –  $10^{-2}$  лет

Мюоны –  $10^{-6}$  с

Электрон –  $\infty$

# Спин

Спин(J) – Собственный момент импульса частицы определяет

вид статистики, которой подчиняется частица:

целый – бозоны (мезоны)

нецелый – фермионы (барионы)

Измеряется в единицах  $\hbar$  (от 0 до 9/2)

Спиновое  
квантовое число

$$S = \frac{\hbar}{2\pi} \sqrt{S \cdot (S+1)}$$

# Элементарный заряд

Первым производит точное измерение элементарного заряда (в капле нефти) лауреат Нобелевской премии (1923) американский ученый Роберт Эндриус Милликен (1868 – 1953)

Российский ученый Абрам Федорович Иоффе усовершенствовал опыт Милликена по измерению элементарного заряда, используя пылинки фотоувствительного металла

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

# МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ

Магнитный момент ( $\mu$ ) – максимальное значение проекции вектора собственного магнитного момента  $\bar{p}_m$  частицы. Измеряется в единицах  $\mu_0$

Магнитный момент

$$\mu_0 = e \hbar / 2 m$$

$$\bar{p}_m \uparrow \uparrow \bar{J}, \text{ то } \mu > 0$$

$$\bar{p}_m \downarrow \uparrow \bar{J}, \text{ то } \mu < 0$$

# Лептонное число

Лептонное число ( $L$ ) – квантовое число, приписываемое элементарным частицам, относящихся к группе лептонов

$L = +1$ , для лептонов ( $e^-, \mu^-, \tau^-, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$ )

$L = -1$ , для антилептонов ( $e^+, \mu^+, \tau^+, \bar{\nu}_e, \bar{\nu}_\mu, \bar{\nu}_\tau$ )

$L = 0$ , для остальных частиц

# Барионное число

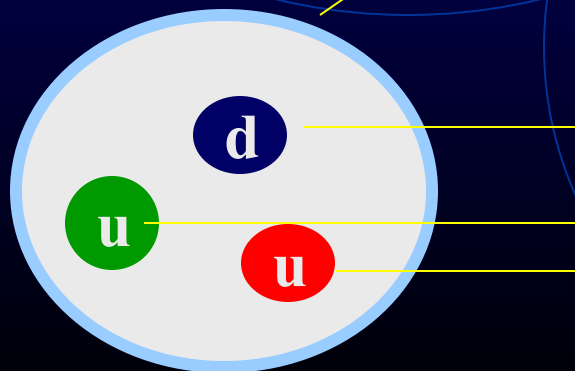
Барионное число ( $B$ ) – число, приписываемое адронам

$B = 0$  – мезоны (пионы, каоны,  $\eta$ -мезон)

$B = +1$  – барионы (нуклоны, гипероны)

$B = 0$  – лептоны, фотоны

Протон



Кварки



# Центр зарядового мультиплета

Центр зарядового мультиплета  
гиперонов смещены относительно  
соответствующих центров нуклона

$+1/2$  – нуклоны

$0$  –  $p$ -мезоны



# Странность

Странность ( $S$ ) – квантовое число  
определяемое удвоенной суммой  
величины смещения центра  
зарядового мультиплетта

$S=0$  для нуклонов и 3-мезонов

# ИЗОСПИН

Изоспин (изотопический спин)  $J$  – внутренняя характеристика адронов, определяющая число  $n$  частиц в изотопном мультиплете



Число частиц

$$n = 2J + 1$$

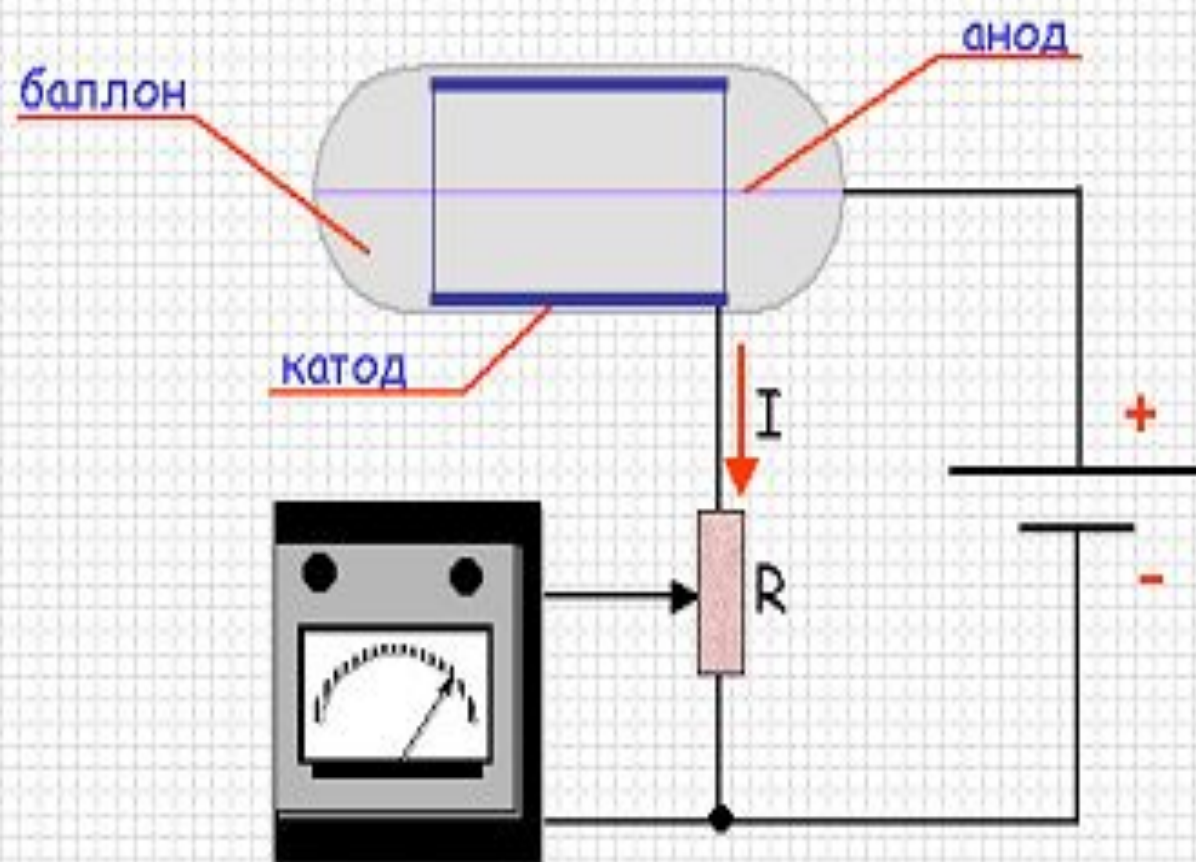
# Очарованность. Прелестность

Очарованность (С) – характеристика  
очарованных частиц

Прелестность – характеристика  
прелестных частиц

# Методы регистрации элементарных частиц.

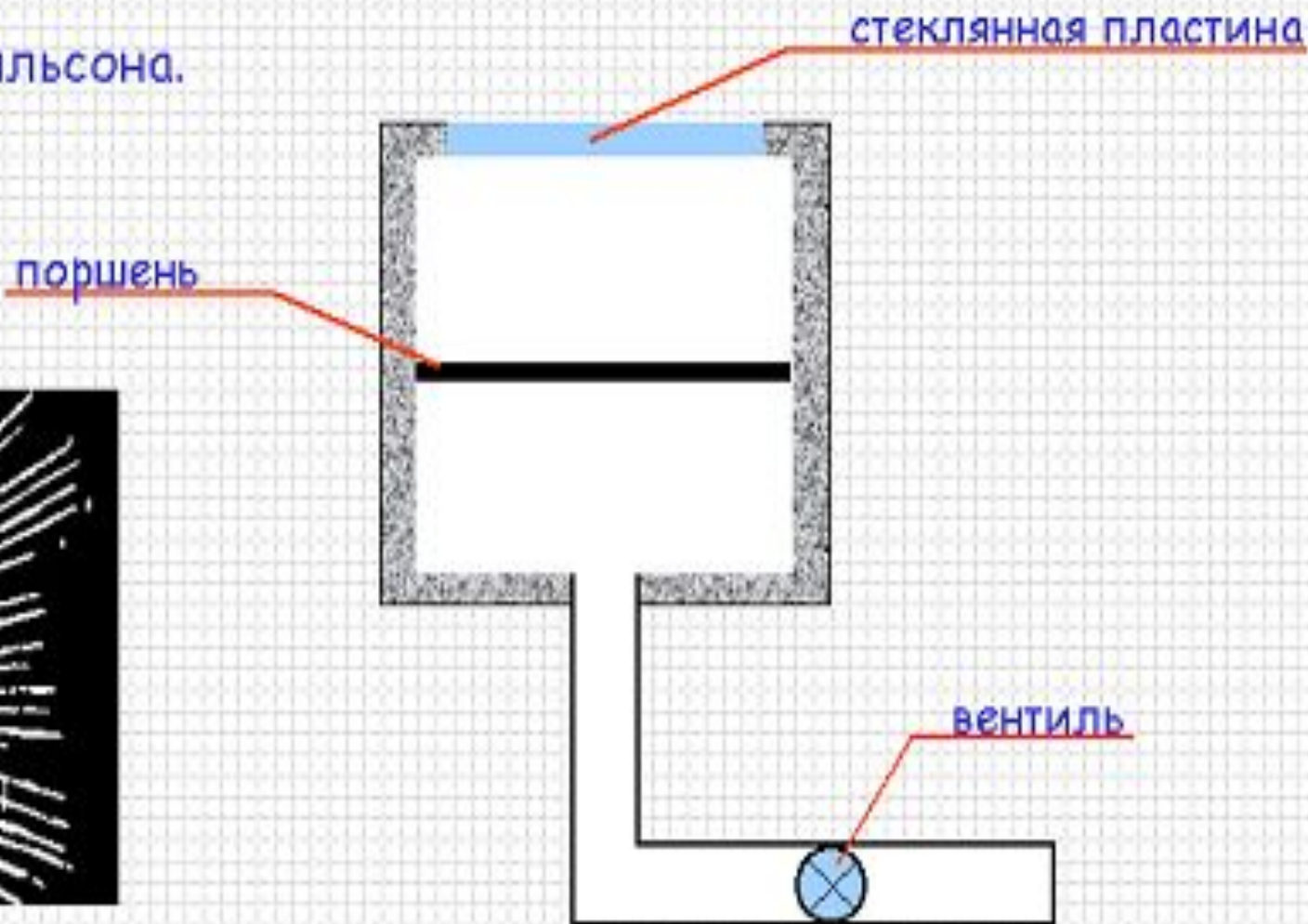
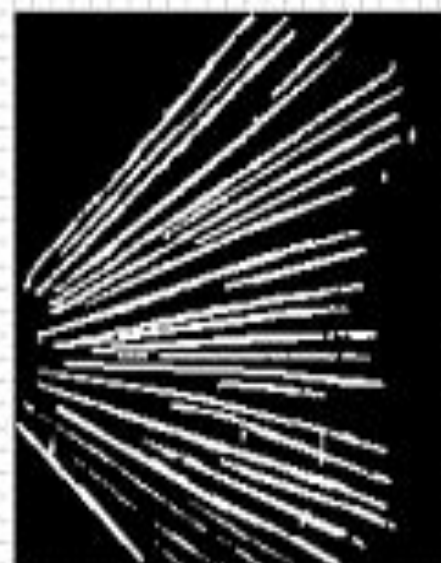
## 1) Газоразрядный счетчик Гейгера.





# Методы регистрации элементарных частиц.

## 2) Камера Вильсона.



## Методы регистрации элементарных частиц.

3) Пузырьковая камера.



треки

4) Фотозмульсионный метод.



трек

фотопластинка

# Литература

- Элементарный учебник физики под ред. акад. Г.С. Ландсберга. Том 3. М.: «Наука», 1975
- Б.М. Яворский, А.А. Детлаф Курс физики. Том 3. М.: «Высшая школа», 1971
- Б.М. Яворский, А.А. Детлаф Физика: Для школьников старших классов и поступающих в вузы. М.: «Дрофа», 2000
- Ваш репетитор. Физика. Интерактивные лекции. Диск 1. ООО «Мультимедиа Технологии и Дистанционное обучение», 2003
- Л.Я. Боревский Курс физики 21 века. М.: «МедиаХауз», 2003