

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
 Δ (1236)-резонансы
Энрико Ферми
К-мезоны,
 Λ –гипероны –
странные частицы
Дональд Глезер

1947

Открытие
 π -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

The diagram illustrates the classification of atomic orbitals (AOs) based on their angular momentum quantum number n and magnetic quantum number m . The orbitals are arranged in a grid where rows represent n and columns represent m . The subshells are labeled as s , p , d , and f .

n	$m=0$	$m=1$	$m=2$	$m=3$
4				
3				
2				
1				

The subshells are labeled as follows:

- s : $n=1, 2, 3, 4$ (column $m=0$)
- p : $n=2, 3, 4$ (columns $m=1, 2, 3$)
- d : $n=3, 4$ (columns $m=2, 3$)
- f : $n=4$ (columns $m=3, 4, 5, 6$)

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.

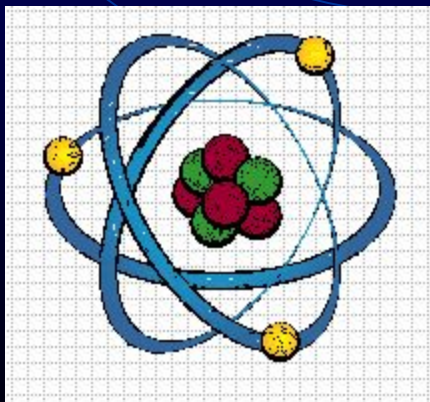
Виды взаимодействий

Ядерное

Электромагнитное

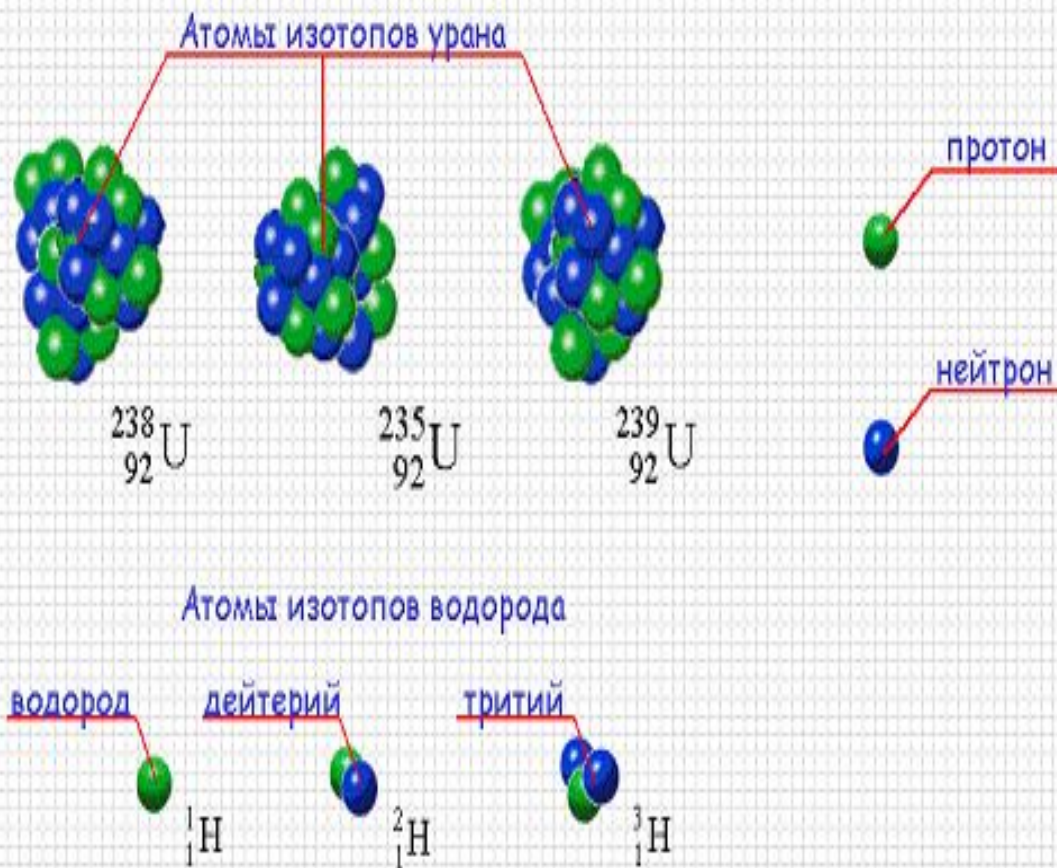
Гравитационное

Слабое



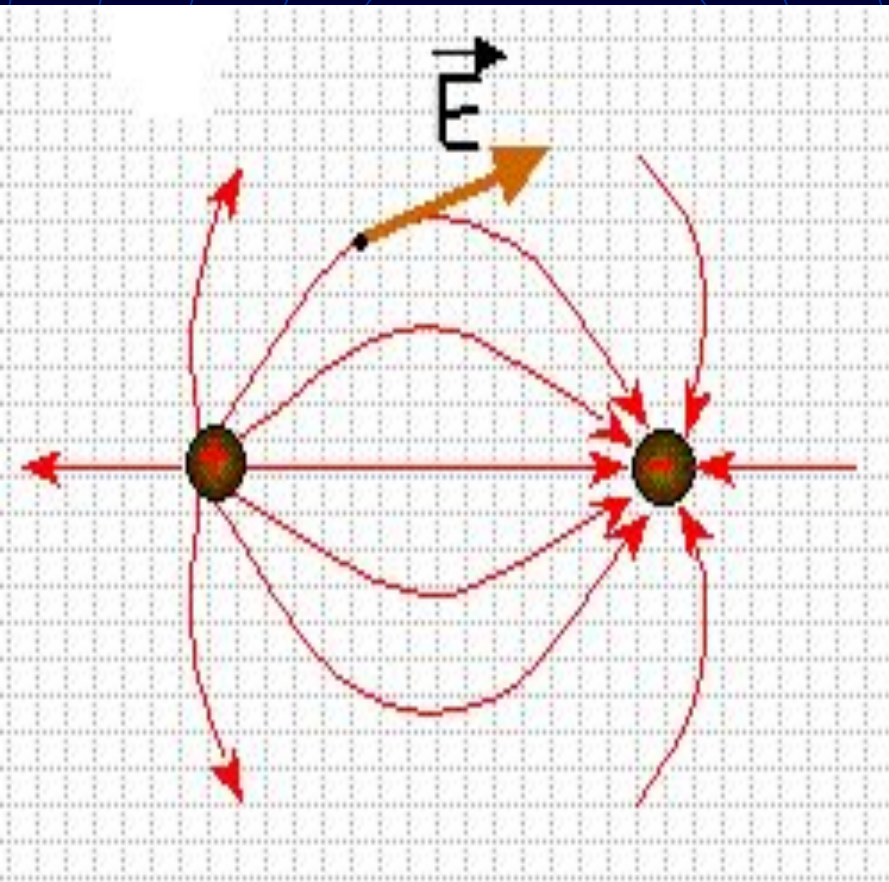
Ядерное

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 – ∞

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 – ∞

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 мультиплета

Масса

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

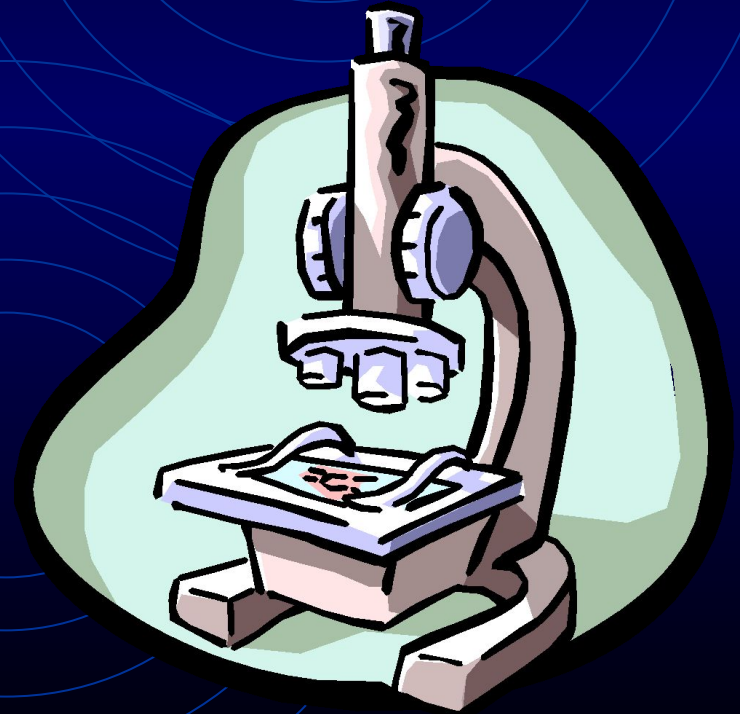
$$m_{0\text{яд}} < Zm_{0p} + Nm_{0n}$$

Z – число протонов

m_{0p} – масса протона

N – число нейтронов

m_{0n} – масса нейтрона



Среднее время жизни

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

Для резонансов является мерой нестабильности



Мезоны – 10^{-13} с

Нуклоны – 10^{-2} лет

Мюоны – 10^{-6} с

Электрон – ∞

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 fotocувствительного
металла

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

Магнитный момент

Магнитный момент (μ) – максимальное значение проекции вектора собственного магнитного момента $\vec{p}_m$ частицы. Измеряется в единицах μ_0

Магнитный момент

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

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

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

Лептонное число

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

$L = +1$, для лептонов (e^- , μ^- , τ^- , ν_e , ν_μ , ν_τ)

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

$L = 0$, для остальных частиц

Барионное число

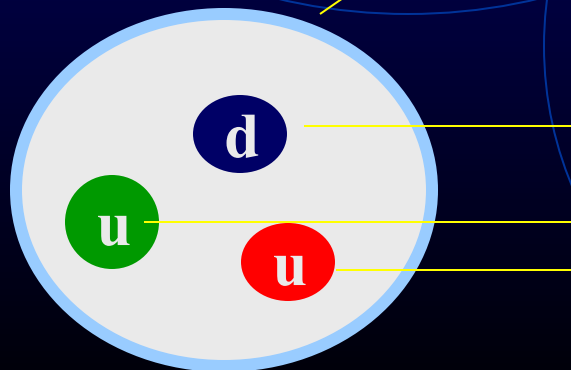
Барионное число (B) – число, приписываемое адронам

$B = 0$ – мезоны (пионы, каоны, η -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 мультиплета

$S = 0$ 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

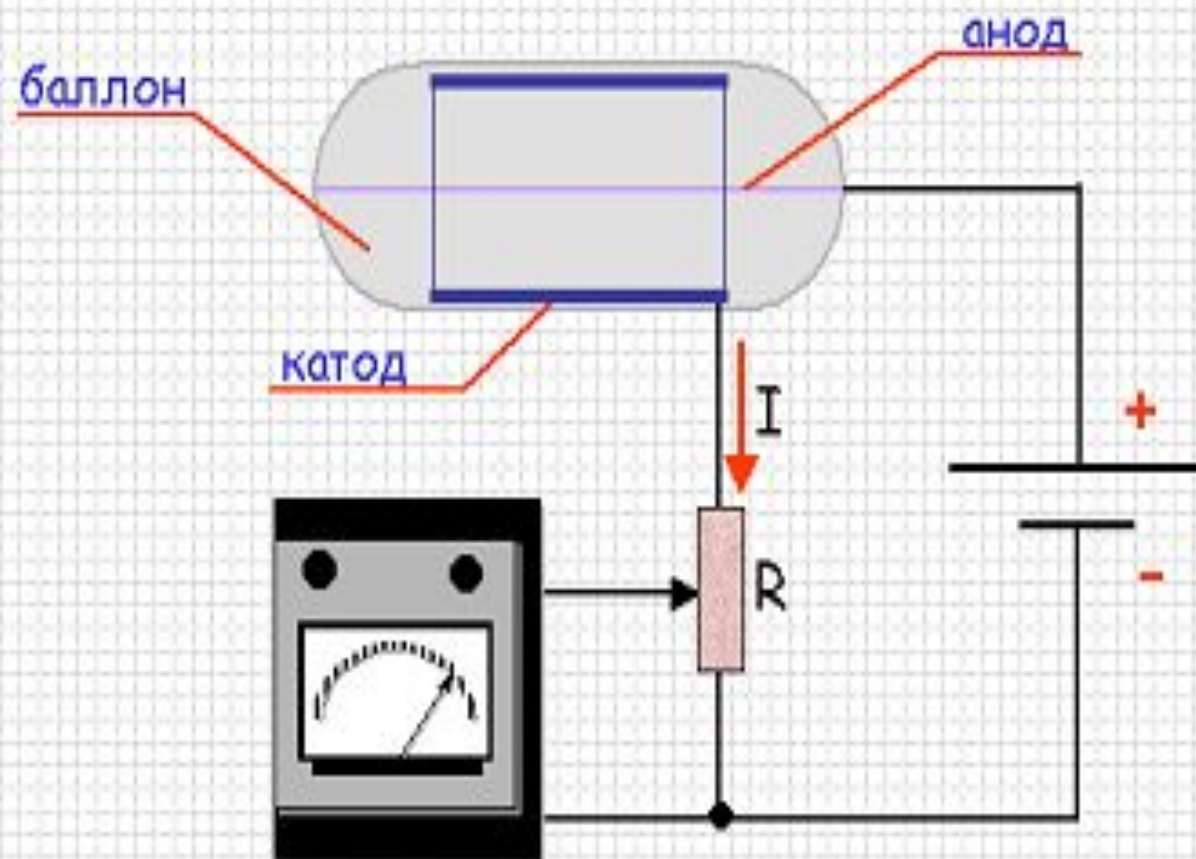
Очарованность (C) – характеристика
очарованных частиц

Прелестность – характеристика
прелестных частиц



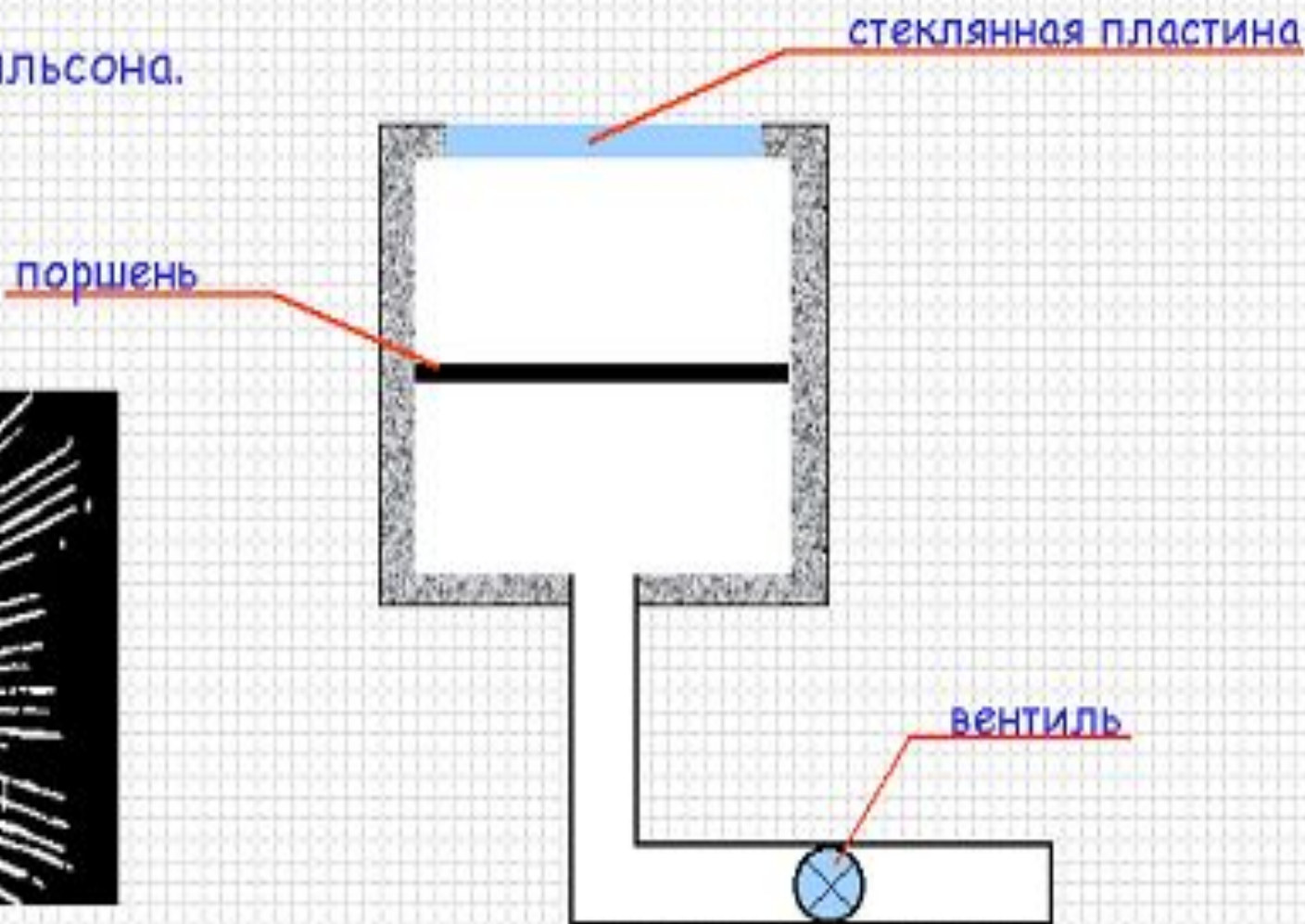
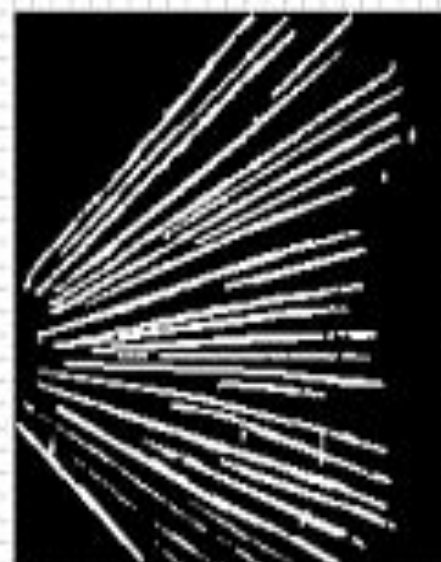
Методы регистрации элементарных частиц.

1) Газоразрядный счетчик Гейгера.



Методы регистрации элементарных частиц.

2) Камера Вильсона.



Методы регистрации элементарных частиц.

3) Пузырьковая камера.



треки

4) Фотоэмульсионный метод.



фотопластинка

трек

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. Боровский Курс физики 21 века. М.: «МедиаХауз», 2003