

Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц

Студент группы Т-19
Жуковский Никита

Принцип действия приборов для регистрации элементарных частиц

Регистрирующий прибор- сложная макроскопическая система, которая может находиться в неустойчивом состоянии.

При небольшом возмущении, вызванное пролетевшей частицей, немедленно начинается процесс перехода системы в новое , более устойчивое состояние.

Этот процесс позволяет регистрировать частицу.

Основные характеристики регистрирующих устройств

1. Эффективность (отношение количества зарегистрированных частиц к числу частиц, попавших в прибор.)
2. Минимальное время регистрации (время, за которое прибор после регистрации частицы возвращается в рабочее состояние)
3. Точность измерений энергии, масс, зарядов и т.д.

Методы наблюдения и
регистрации
элементарных частиц

Сцинтилляционн
ый
метод

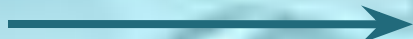
Счётчик
Гейгера

Камера
Вильсона

Пузырьковая
камера

Фотографические
эмульсии

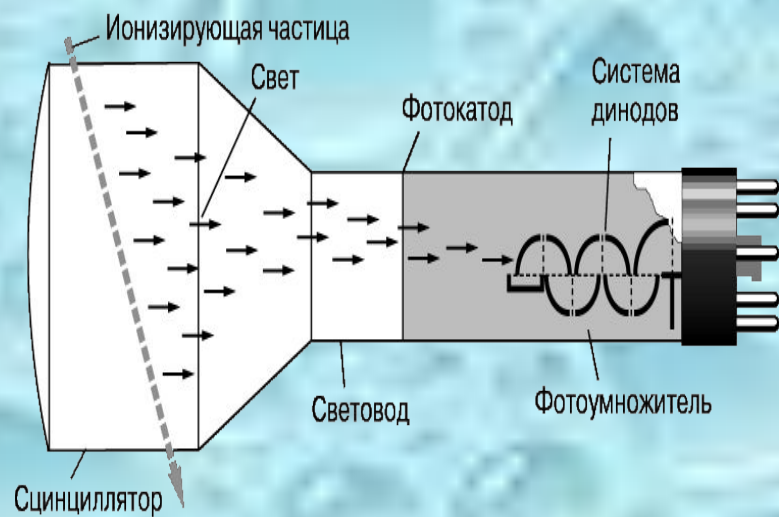
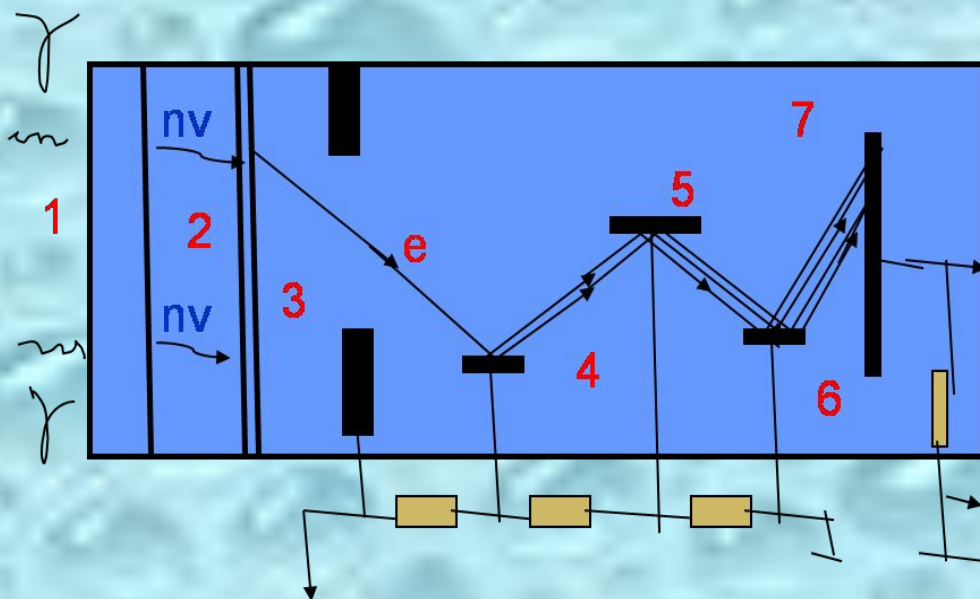
Искровая
камера



Сцинтилляционный счётчик, прибор для регистрации ядерных излучений и элементарных частиц (протонов, нейтронов, электронов, γ -квантов, мезонов и т. д.). Основным элементом счетчика является вещество, люминесцирующее под действием заряженных частиц (сцинтиллятор).

При попадании заряженной частицы на полупрозрачный экран, покрытый сульфидом цинка, возникает вспышка света (СЦИНТИЛЛЯЦИЯ). Вспышку можно наблюдать и фиксировать.

Прибор состоит из сцинтиллятора, фотоэлектронного умножителя и электронной системы.





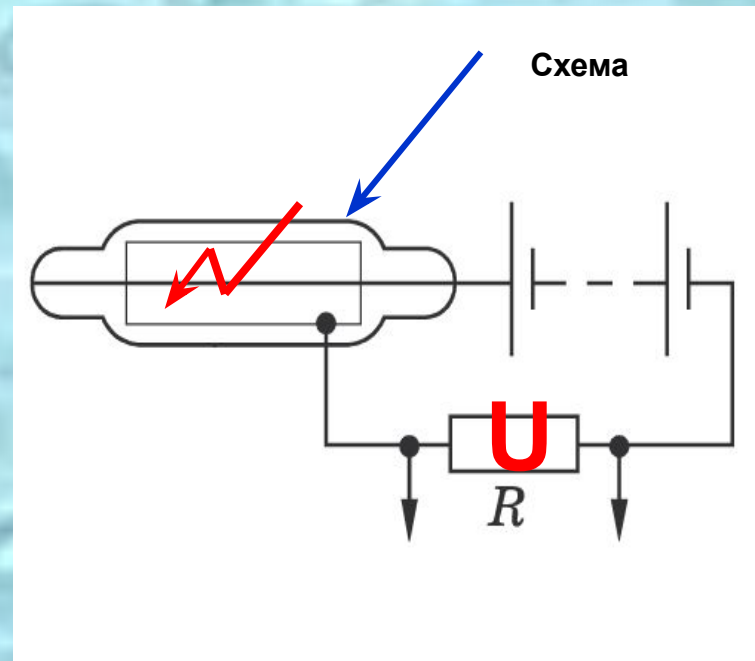
Ханс Гейгер

Газоразрядный счетчик Гейгера.

Один из важнейших приборов для автоматического подсчета частиц. В газоразрядном счетчике имеются катод в виде цилиндра и анод в виде тонкой проволоки по оси цилиндра. Пространство между катодом и анодом заполняется специальной смесью газов. Между катодом и анодом прикладывается напряжение. Действие основано на ударной ионизации.



Фотография



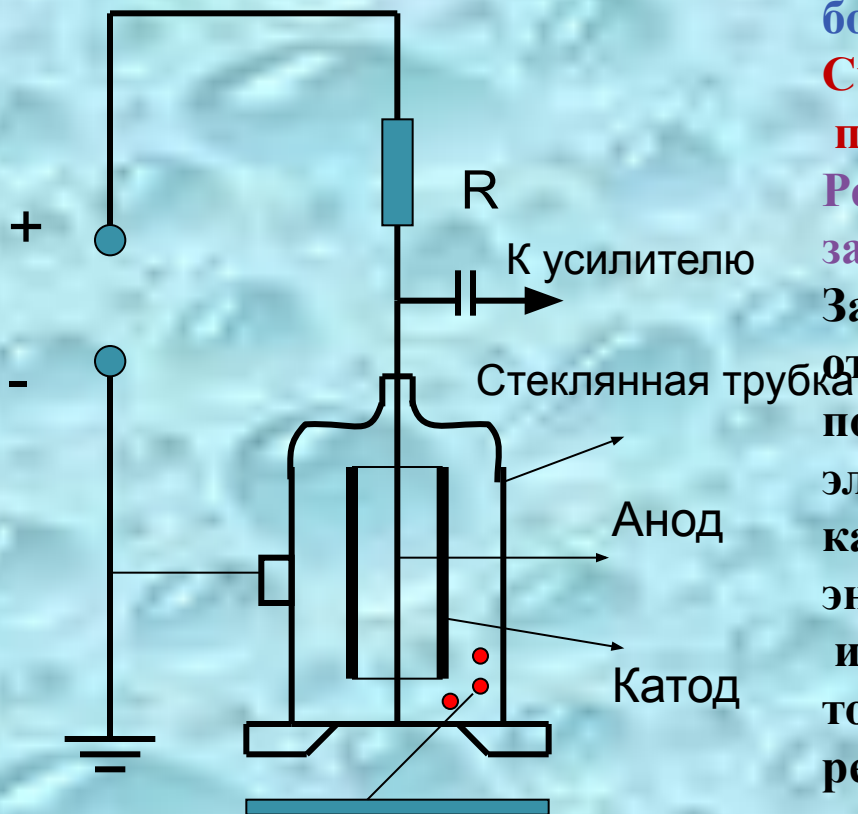
Газоразрядный счетчик Гейгера.

Счётчик Гейгера применяется в основном для регистрации электронов и γ -квантов (фотонов большой энергии).

Счётчик регистрирует почти все падающие в него электроны.

Регистрация сложных частиц затруднена.

Заряженная частица, пролетая в газе, отрывает от атомов электроны и создает положительные ионы и свободные электроны. Электрическое поле между катодом и анодом ускоряет электроны до энергий, при которых начинается ударная ионизация. Возникает лавина ионов, и ток через счетчик резко возрастает. На резисторе образуется импульс напряжения, который подается в регистрирующее устройство.



Чтобы зарегистрировать γ -кванты, стенки трубки покрывают специальным материалом, из которого они выбивают электроны.

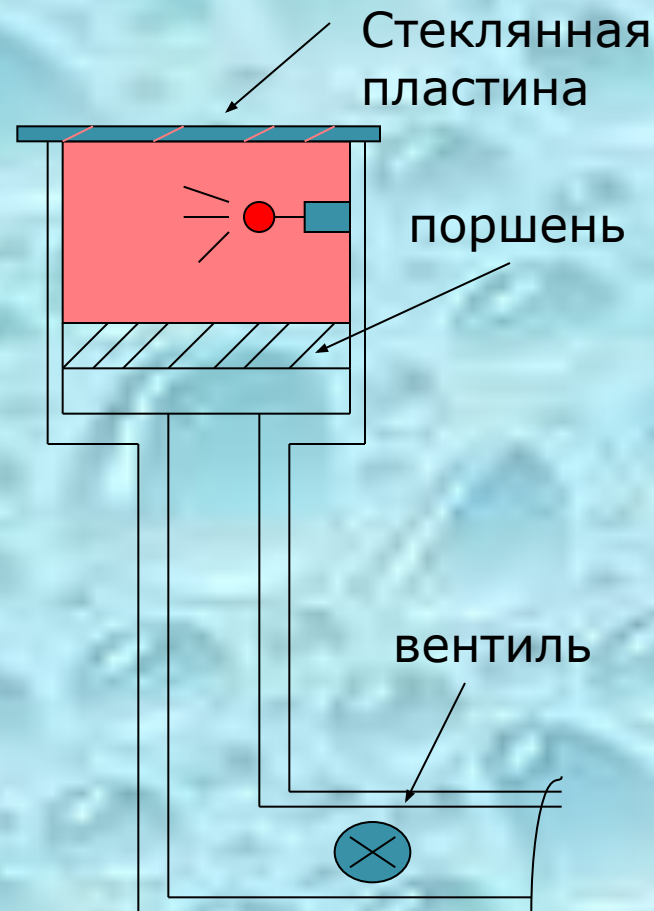


Камера Вильсона

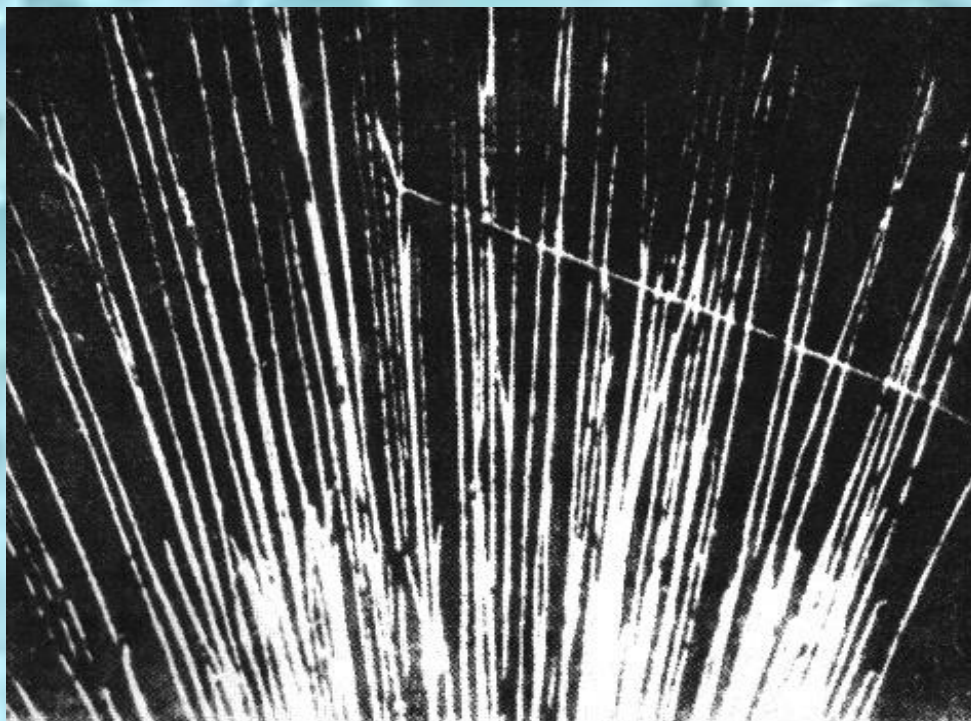
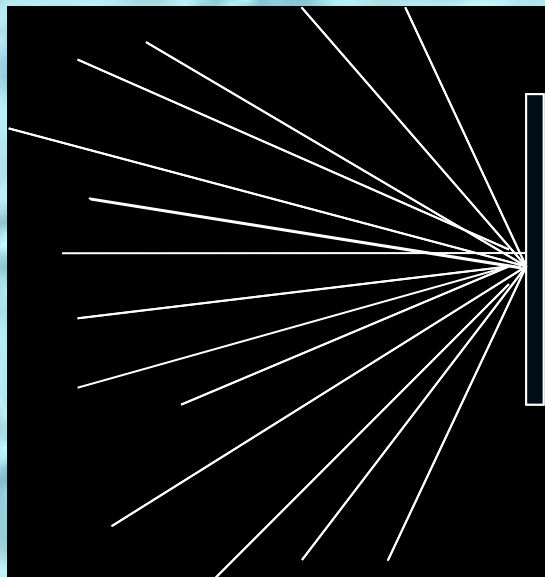
Вильсон — английский физик, член Лондонского королевского общества. Изобрёл в 1912 г прибор для наблюдения и фотографирования следов заряжённых частиц, впоследствии названную камерой Вильсона (Нобелевская премия, 1927).

Камеру Вильсона можно назвать “окном” в микромир. Принцип основан на конденсации перенасыщенного пара на ионах с образованием капелек воды. Она представляет собой герметично закрытый сосуд, заполненный парами воды или спирта, близкими к насыщению.

Советские физики П.Л. Капица и Д.В. Скобельцын предложили помещать камеру Вильсона в однородное магнитное поле.



При резком опускании поршня, пар в камере адиабатно расширяется. Происходит охлаждение, и пар становится перенасыщенным. Это – неустойчивое состояние пара: он легко конденсируется. Центрами конденсации становятся ионы, которые образуют в рабочем пространстве камеры пролетевшая частица. Если частицы проникают в камеру сразу после расширения пара, то на их пути возникают капельки воды. Эти капельки образуют видимый след пролетевшей частицы - **трек**. По длине трека можно определить энергию частицы, а по числу капелек на единицу длины оценивается её скорость. Трек имеет кривизну. Чем длиннее трек, тем больше ее энергия.

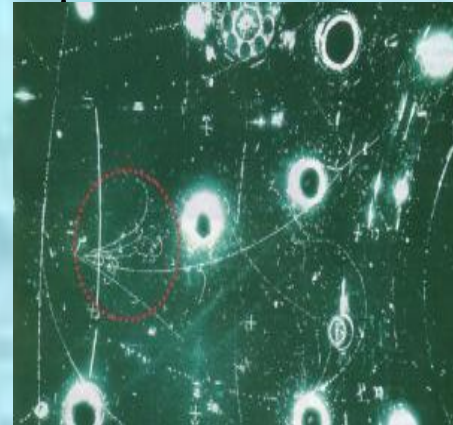
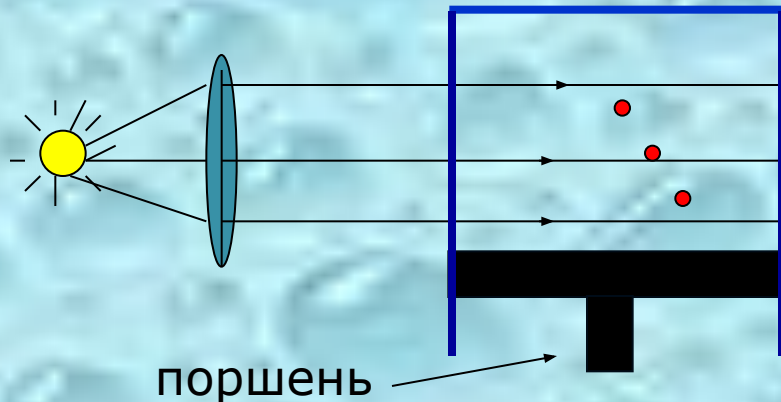


Первое искусственное превращение элементов – взаимодействие α – частицы с ядром азота, в результате которого образовались ядро кислорода и протон.

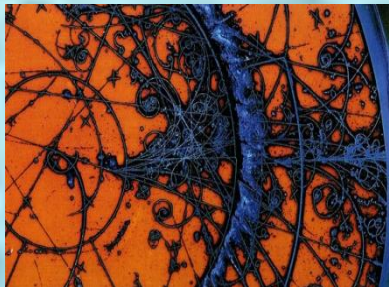
Пузырьковая камера

1952. Д.Глейзер. Вскипание перегретой жидкости.

При понижении давления жидкость в камере переходит в перегретое состояние. В такой жидкости на ионах появляются пузырьки пара, дающие видимый трек. Камеры такого типа названы пузырьковыми.



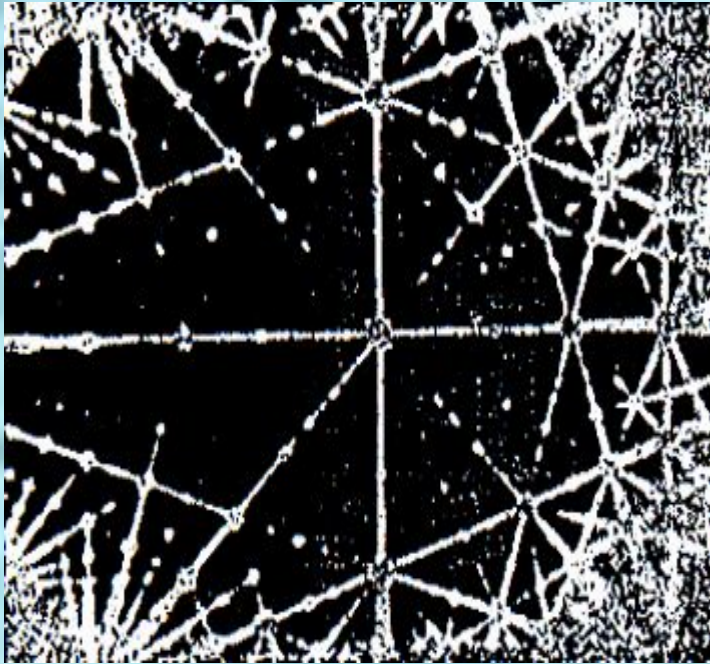
Пролёт частицы вызывает образование цепочки капель, которые можно сфотографировать.



Фотография столкновения элементарных частиц в главной пузырьковой камере ускорителя Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН) в Женеве, Швейцария. **Траектории движения элементарных частиц расцвечены для большей ясности картины. Голубыми линиями отмечены следы пузырьков, образующихся вокруг атомов, возбужденных в результате пролета быстрых заряженных частиц.**

Фотографические эмульсии

Метод толстослойных фотоэмульсий. 20-е г.г. Л.В.Мысовский, А.П.Жданов.



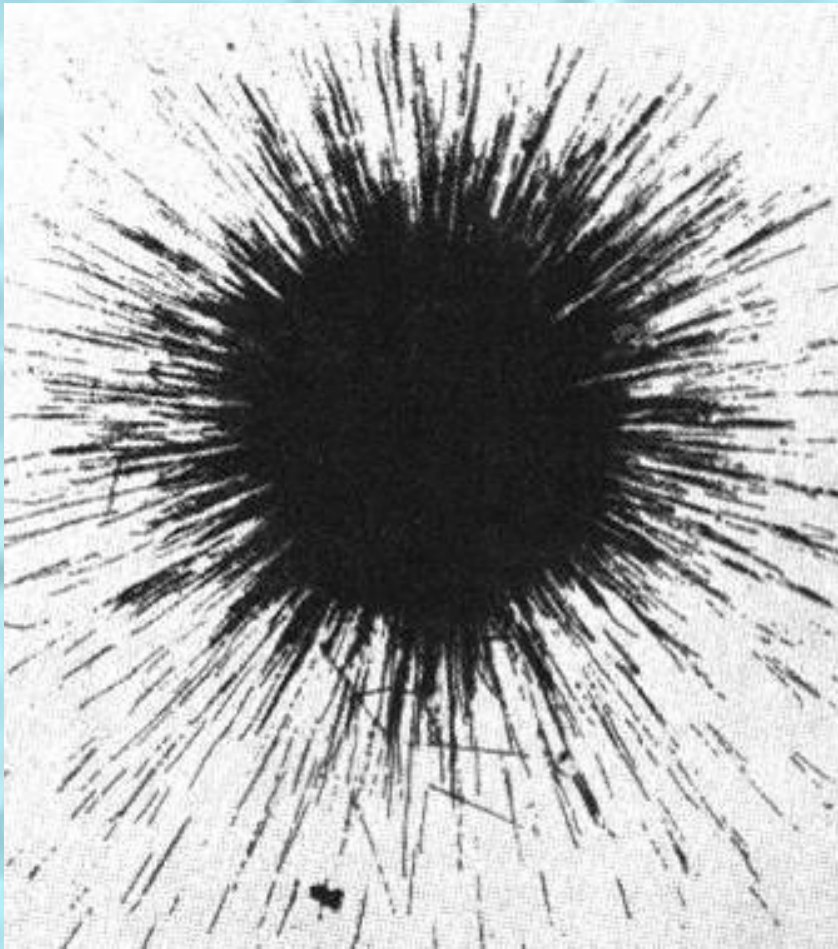
Треки элементарных частиц в толстослойной фотоэмульсии

Наиболее дешевым методом регистрации ионизирующего излучения является фотоэмульсионный (или метод толстослойных эмульсий). Он базируется на том, что заряженная частица, двигаясь в фотоэмульсии, разрушает молекулы бромида серебра в зернах, сквозь которые прошла. После проявления такой пластинки в ней возникают «дорожки» из осевшего серебра, хорошо видимые в микроскоп. Каждая такая дорожка — это след движущейся частицы. По характеру видимого следа (его длине, толщине и т. п.) можно судить как о свойствах частицы, которая оставила след (ее энергии, скорости, массе, направлении движения), так и о характере процесса (рассеивание, ядерная реакция, распад частиц), если он произошел в эмульсии.

Заряжённые частицы создают скрытые изображения следа движения.

По длине и толщине трека можно оценить энергию и массу частицы.

Фотоэмульсия имеет большую плотность, поэтому треки получаются короткими.



На рисунке изображены следы в фотоэмульсии. Этот метод имеет такие преимущества:

1. Им можно регистрировать траектории всех частиц, пролетевших сквозь фотопластинку за время наблюдения.

2. Фотопластинка всегда готова для применения (эмульсия не требует процедур, которые приводили бы ее в рабочее состояние).

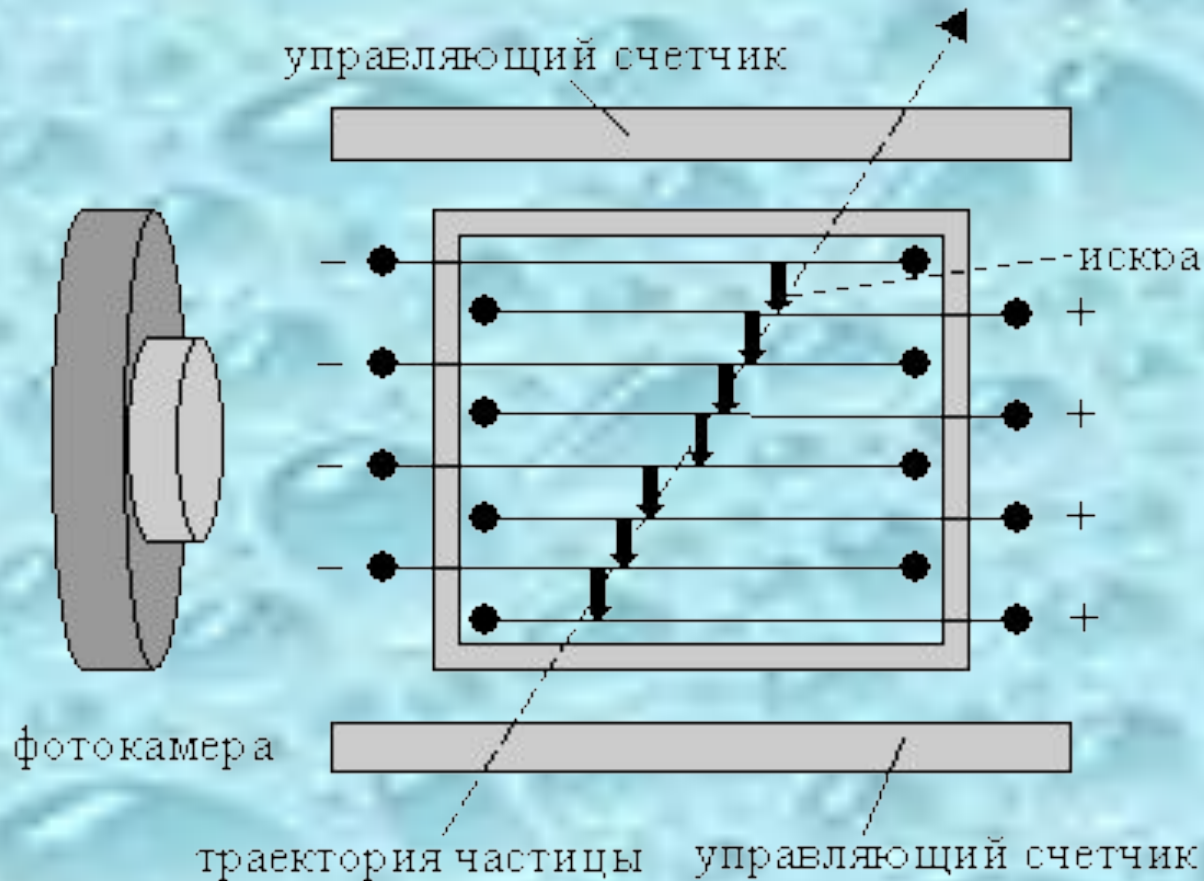
3. Эмульсия обладает большой тормозящей способностью, обусловленной большой плотностью.

4. Он дает исчезающий след частицы, который потом можно тщательно изучать.

Недостатком метода является: длительность и сложность химической обработки фотопластинок и, главное, — много времени требуется для рассмотрения каждой пластинки в сильном микроскопе.

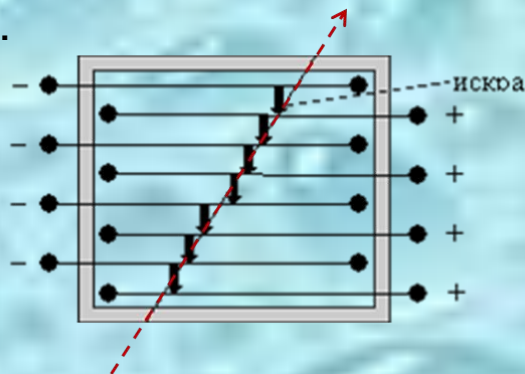
Искровая камера

Искровая камера – трековый детектор заряженных частиц, в котором трек (след) частицы образует цепочка искровых электрических разрядов вдоль траектории её движения.



Трек частицы в узкозасорной искровой камере

1959 г. С.Фукуи, С.Миямото. Искровая камера. Разряд в газе при его ударной ионизации.



Искровая камера обычно представляет собой систему параллельных металлических электродов, пространство между которыми заполнено инертным газом. Расстояние между пластинами от 1-2 см до 10 см. Широко используются проволочные искровые камеры, электроды которых состоят из множества параллельных проволочек. Внешние управляющие счётчики фиксируют факт попадания заряженной частицы в искровую камеру и инициируют подачу на её электроды короткого (10 – 100 нс) высоковольтного импульса чередующейся полярности так, что между двумя соседними электродами появляется разность потенциалов 10 кВ. В местах прохождения заряженной частицы между пластинами за счёт ионизации ею атомов среды свободные носители зарядов (электроны, ионы), что вызывает искровой пробой (разряд). Разрядные искры строго локализованы. Они возникают там, где появляются свободные заряды, и поэтому воспроизводят траекторию движения частицы через камеру. Отдельные искровые разряды, направлены вдоль электрического поля (перпендикулярно электродам). Совокупность этих последовательных разрядов формирует трек частицы. Этот трек может быть зафиксирован либо оптическими методами (например, сфотографирован), либо электронными. Пространственное разрешение обычной искровой камеры 0.3 мм. Частота срабатывания 10 – 100 Гц. Искровые камеры могут иметь размеры порядка нескольких метров.



Внешний вид
двухсекционной
искровой камер

СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ