

Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц

Методы наблюдения и
регистрации
элементарных частиц

Сцинтилляцион
ный
метод

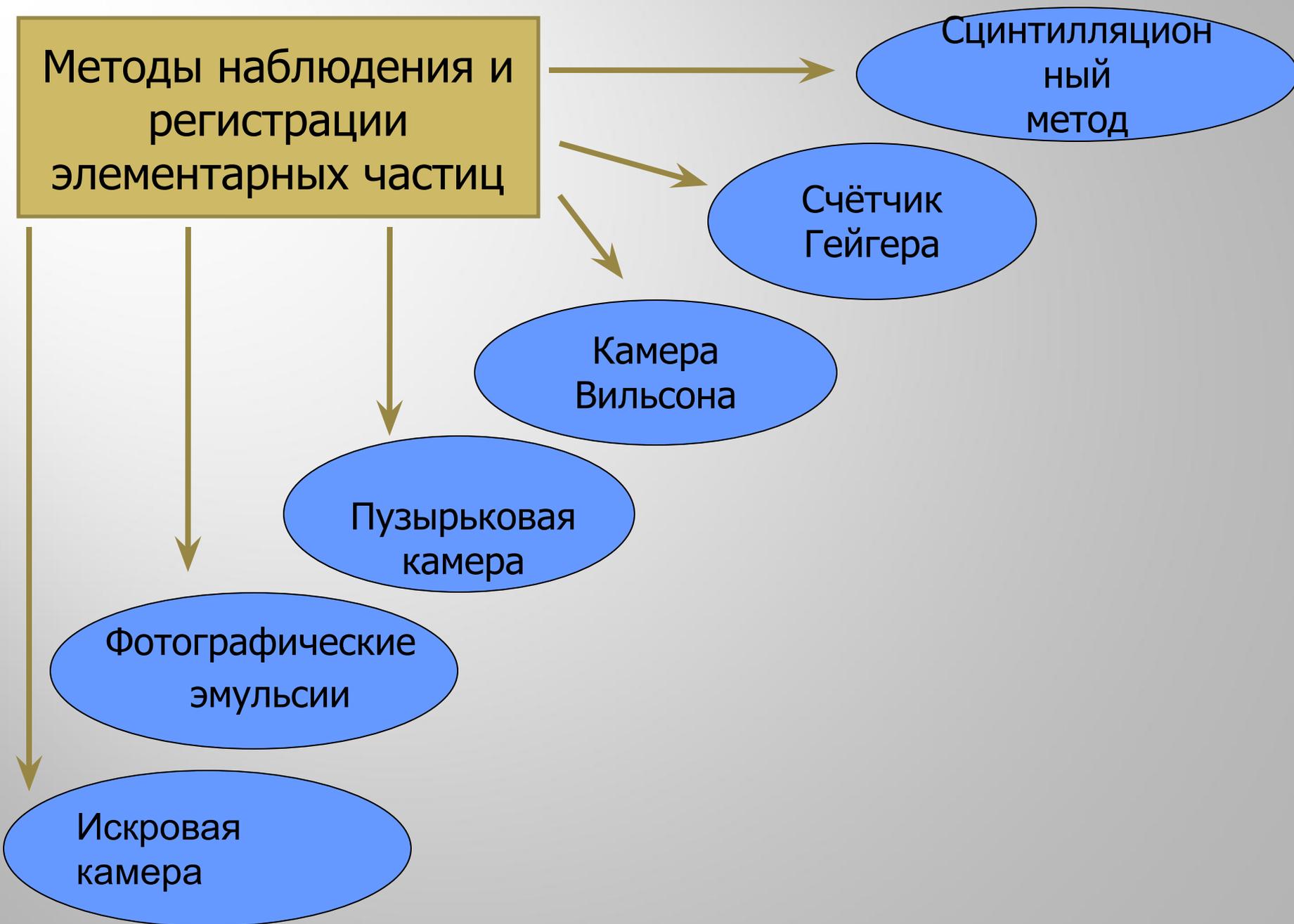
Счётчик
Гейгера

Камера
Вильсона

Пузырьковая
камера

Фотографические
эмульсии

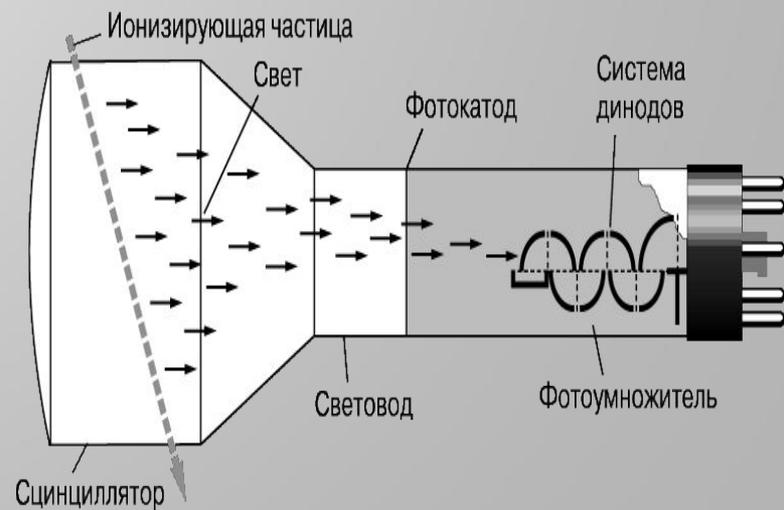
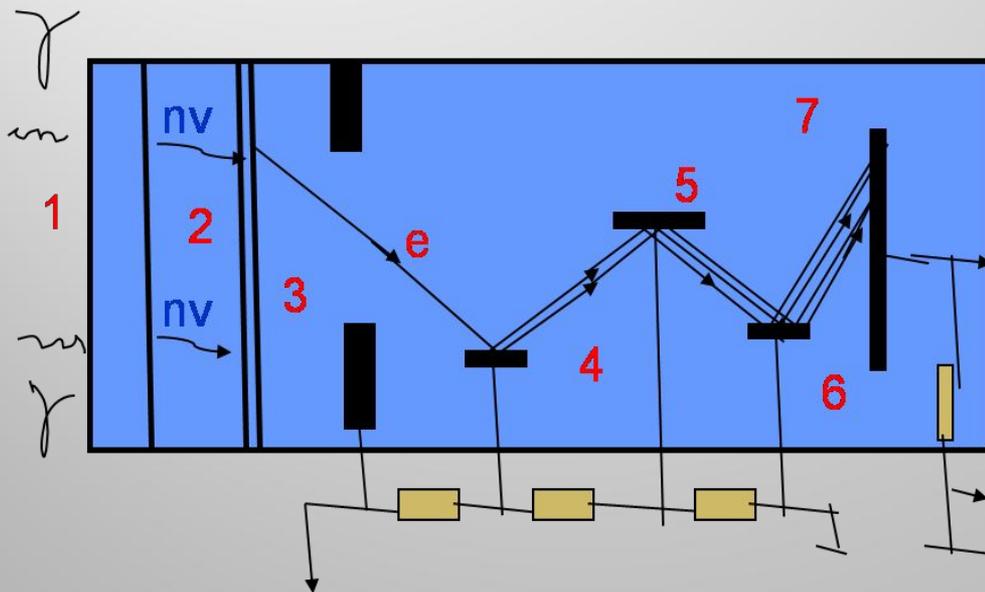
Искровая
камера

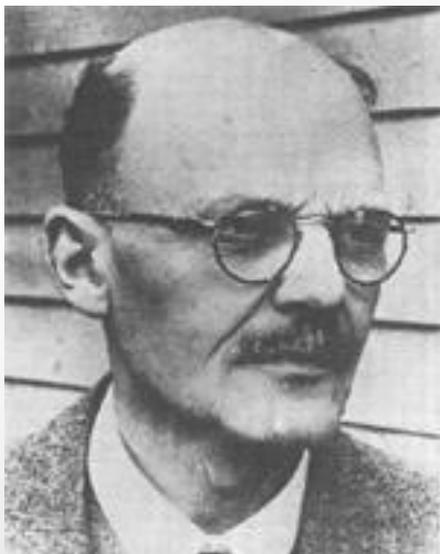


Сцинтилляционный счётчик, прибор для регистрации ядерных излучений и элементарных частиц (протонов, нейтронов, электронов, γ - квантов, мезонов и т. д.). Основным элементом счетчика является вещество, люминесцирующее под действием заряженных частиц (сцинтиллятор).

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.





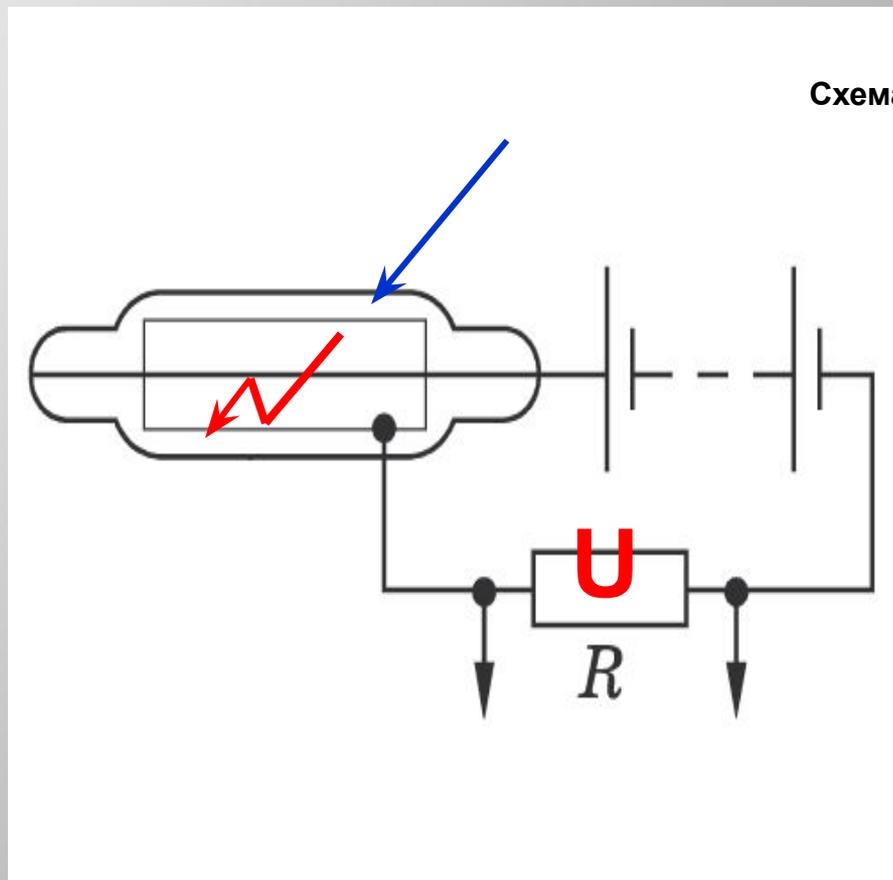
Ханс Гейгер

Счетчик Гейгера.

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.



Фотография

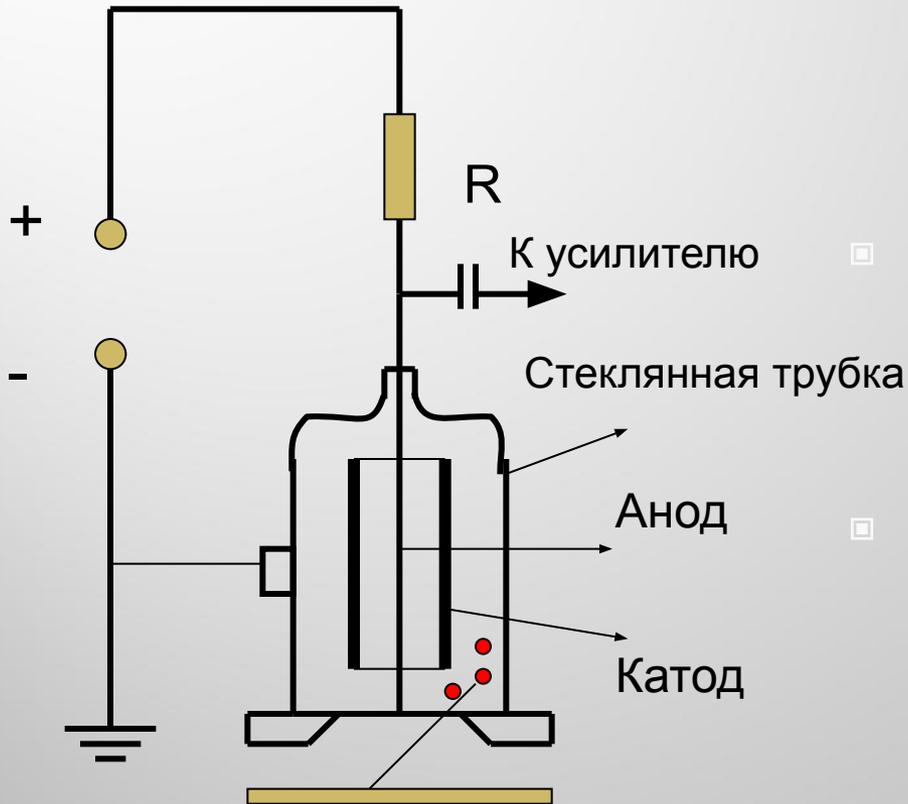


Счетчик Гейгера.

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.



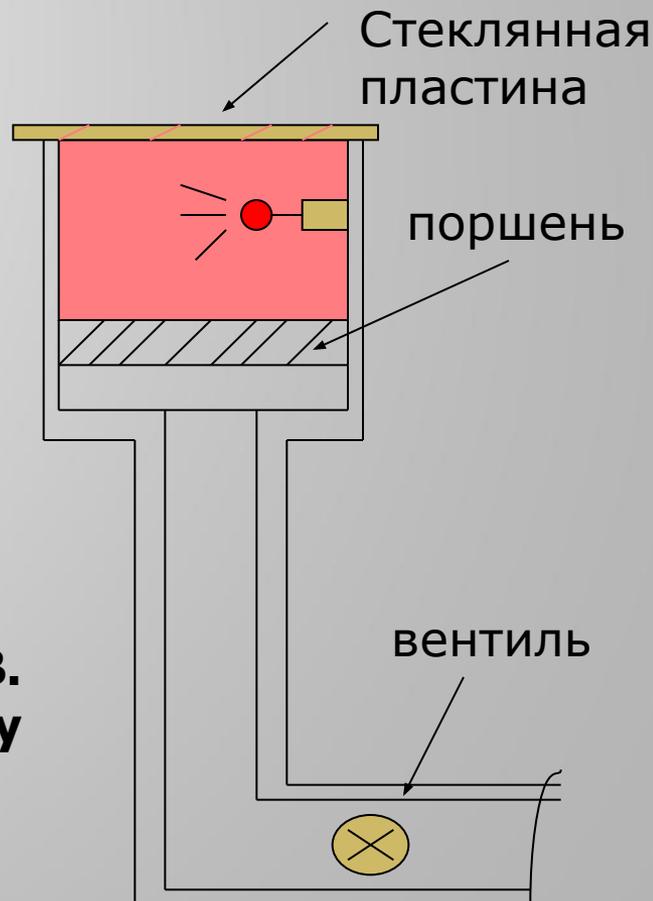
Чтобы зарегистрировать γ -кванты, стенки трубки покрывают специальным материалом, из которого они выбивают электроны.

Камера Вильсона



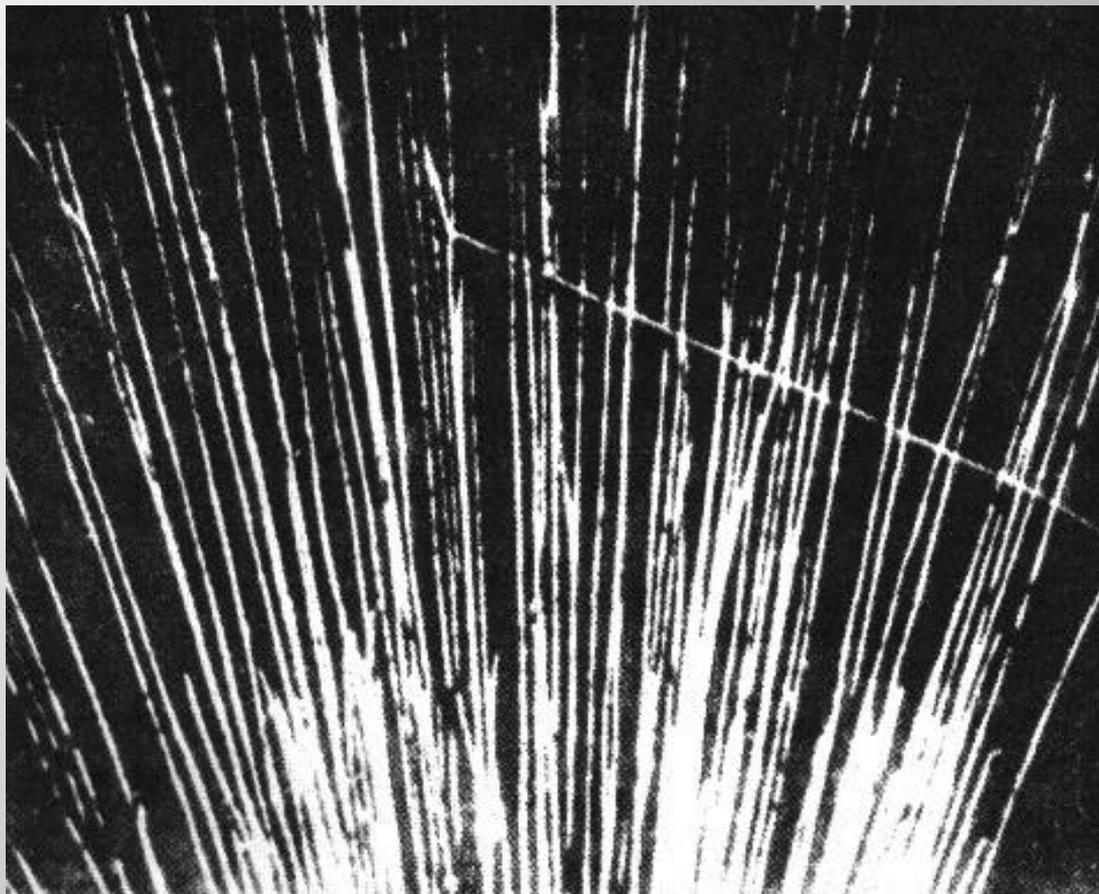
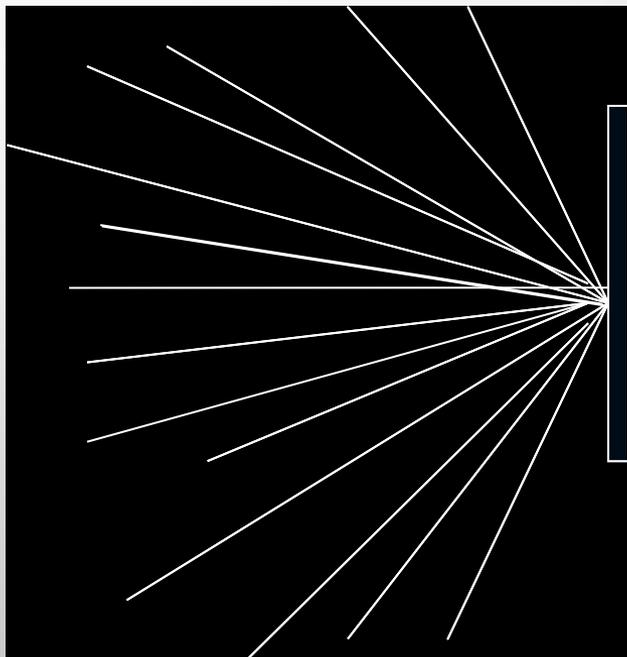
Вильсон- английский физик, член Лондонского королевского общества. Изобрёл в 1912 г прибор для наблюдения и фотографирования следов заряжённых частиц, впоследствии названную камерой Вильсона (Нобелевская премия, 1927).

Камеру Вильсона можно назвать "окном" в микромир. Она представляет собой герметично закрытый сосуд, заполненный парами воды или спирта, близкими к насыщению.



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

Если частицы проникают в камеру, 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.

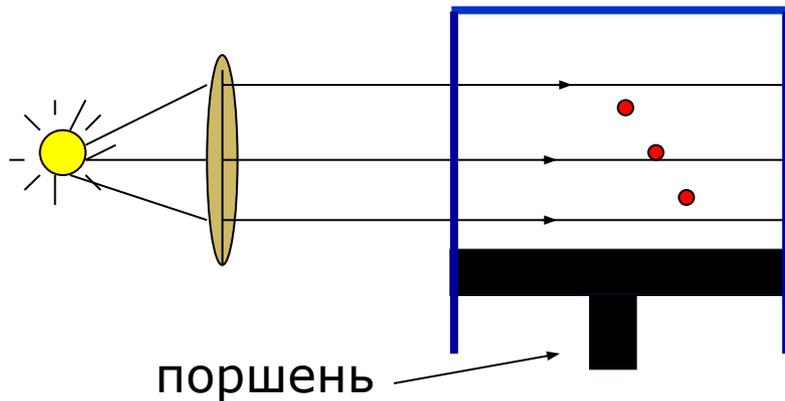


Первое искусственное превращение элементов – взаимодействие α – частицы с ядром азота, в результате которого образовались ядро кислорода и протон.

Пузырьковая камера

1952. Д.Глейзер. Вскипание перегретой жидкости.

При понижении давления жидкость в камере переходит в перегретое состояние.



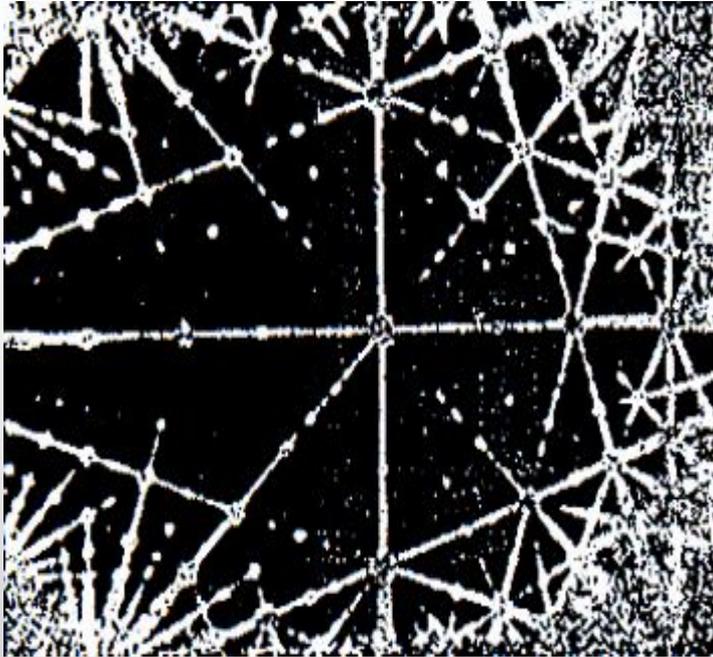
Пролёт частицы вызывает образование цепочки капель, которые можно сфотографировать.



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.



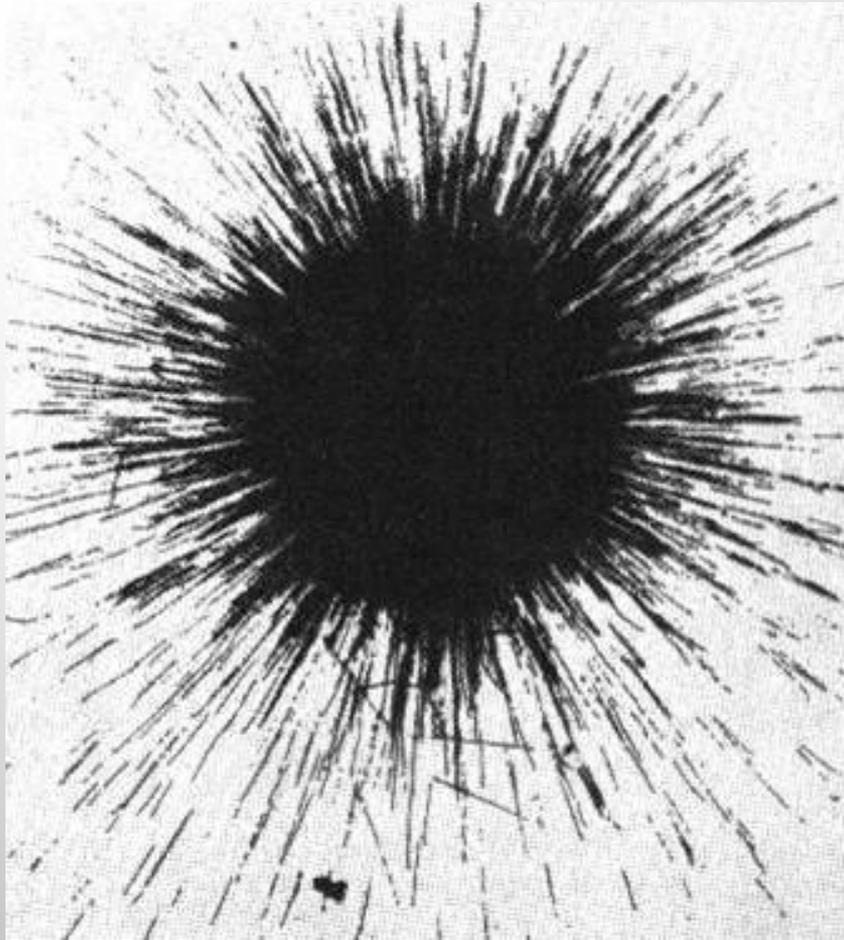
Треки элементарных частиц в толстослойной фотоэмульсии

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).

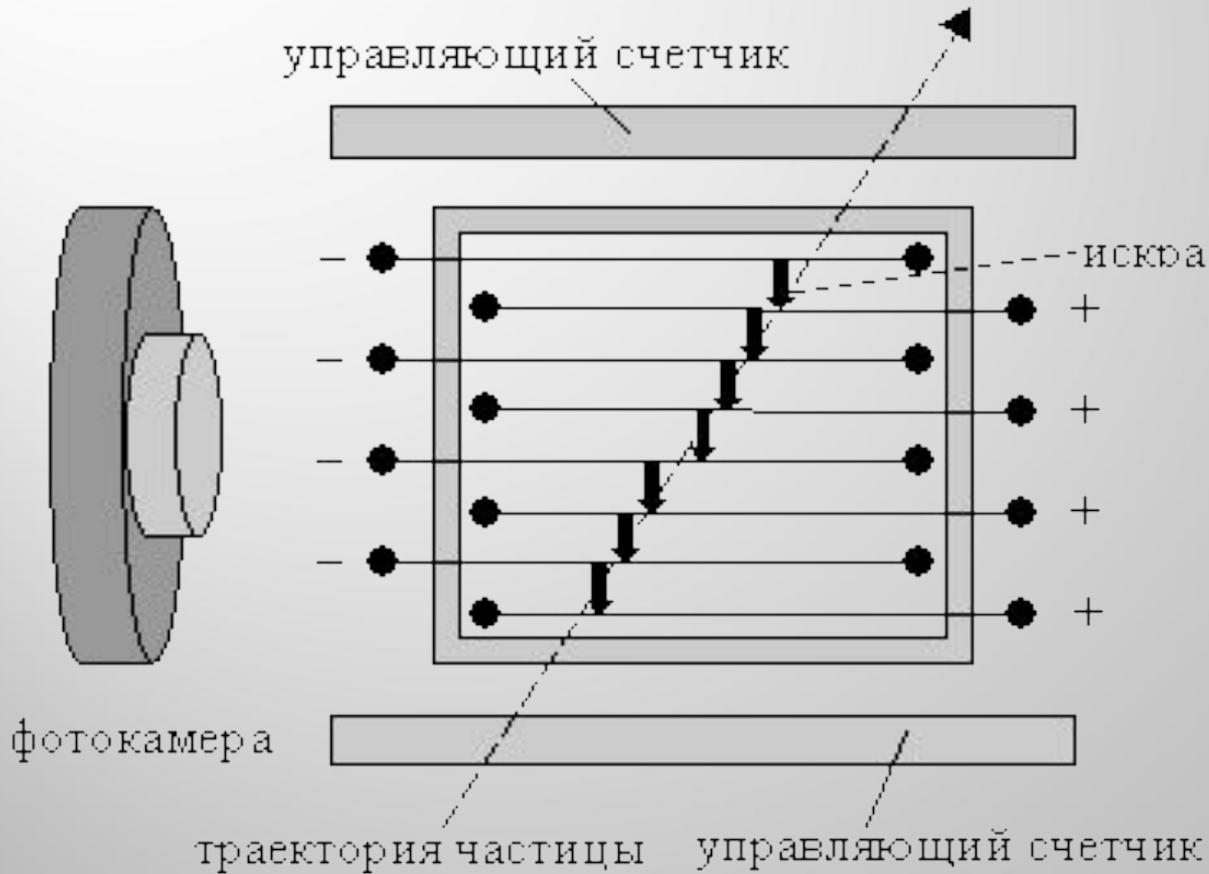
3. Эмульсия обладает большой тормозящей способностью, обусловленной большой плотностью.

4. Он дает неисчезающий 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 узкоззорной искровой камере

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

Искровая камера

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

Переписать таблицу в тетрадь:

Средства и методы регистрации заряженных частиц

Название устройства	Схематичное изображение	Физические принципы действия	Результат
Счётчик Гейгера. Аг. буферный газ, $\tau_{min} = 10^{-5} \text{ с}$		Ударная ионизация Ударная ионизация e^- \rightarrow \oplus Положительный ион	Фиксируется факт появления в трубке e^- , γ (электроны, фотоны).
Камера Вильсона. Смесь паров воды, спирта, эфира. $\tau_{min} = 1 \text{ с}$		По пути следования заряженных частиц образуются треки конденсированного пересыщенного пара на ионах. Белый след.	Определяется энергия, скорость, заряд, отношение e/m для α -, β -, γ -частиц.
Пузырьковая камера. Жидкий водород, перегретая жидкость		Перегретая жидкость под большим давлением закипает по пути следования ионизирующих частиц. След из пузырьков.	По фотографии трека различают частицы: α , β , γ , K^+ -, K^- -, π^0 - и π^\pm -мезоны, Σ^+ -гипероны.
Фотоэмульсионная камера. Кристаллы AgBr		Частица ионизирует атомы брома, восстанавливая ионы серебра. Образуется чёрный след Ag после проявления.	По длине и толщине трека α -частицы определяют энергию, массу, заряд частицы, вид ядерной реакции.
Сцинтилляционный счётчик. Люминофоры ZnS		Частица вызывает вспышку света в люминофоре, которая фиксируется фотоумножителем. Импульс тока усиливается.	Обнаруживаются нейтрино ν , $\bar{\nu}$, α , ρ , другие тяжёлые частицы.