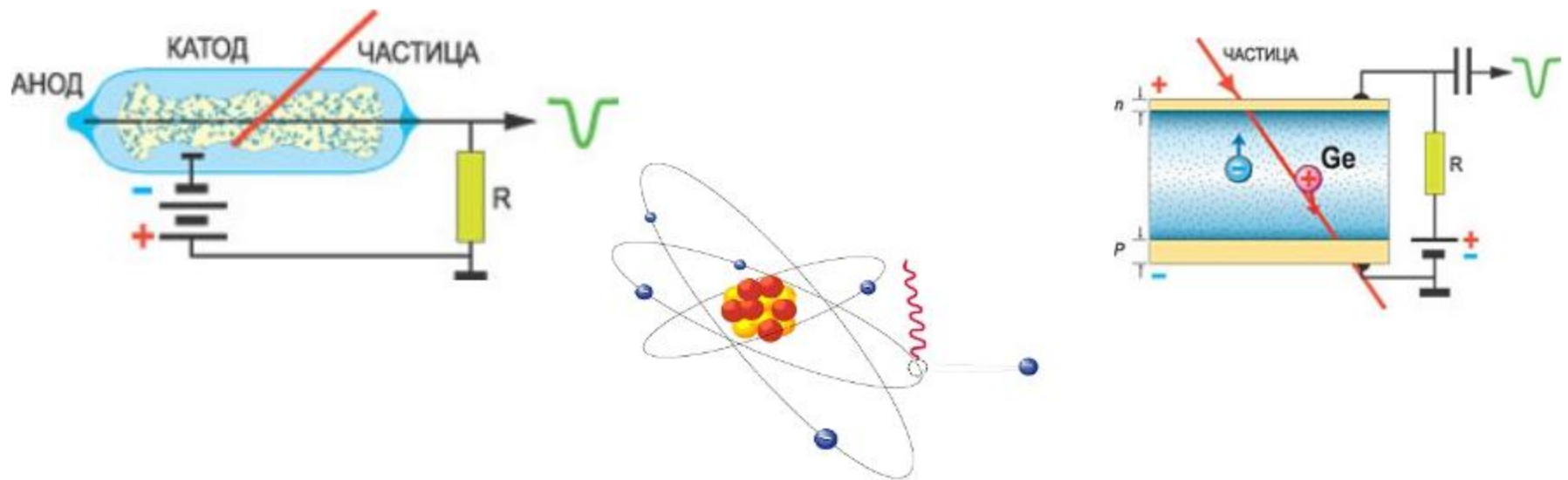


The background of the slide is a dark blue field filled with numerous thin, glowing orange and yellow lines. These lines represent particle tracks, with some being straight and others forming spirals or curves, suggesting the paths of subatomic particles in a detector.

Методы регистрации элементарных частиц



Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц

Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц - методы, основанные на свойстве радиоактивных излучений и частиц производить ионизацию атомов.

С целью наблюдения и регистрации элементарных частиц применяются пузырьковая камера, камера Вильсона, искровая камера, газоразрядные и полупроводниковые счетчики.

В зависимости от используемого прибора различают метод толстослойных фотоэмульсий, сцинтилляционный и ионизационный методы наблюдения и регистрации элементарных частиц.

Методы наблюдения и
регистрации
элементарных частиц

Сцинтилляционный
метод

Счётчик Гейгера

Камера Вильсона

Пузырьковая
камера

Фотографические
эмульсии

Искровая камера

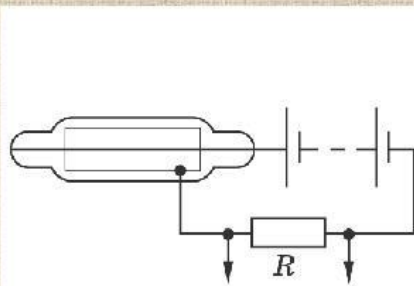
Счетчик Гейгера представляет собой стеклянный баллон, внутренняя поверхность которого покрыта металлическим проводящим слоем, и тонкую нить, натянутую вдоль оси баллона.

- *Действие счетчика основано на ударной ионизации!!!*

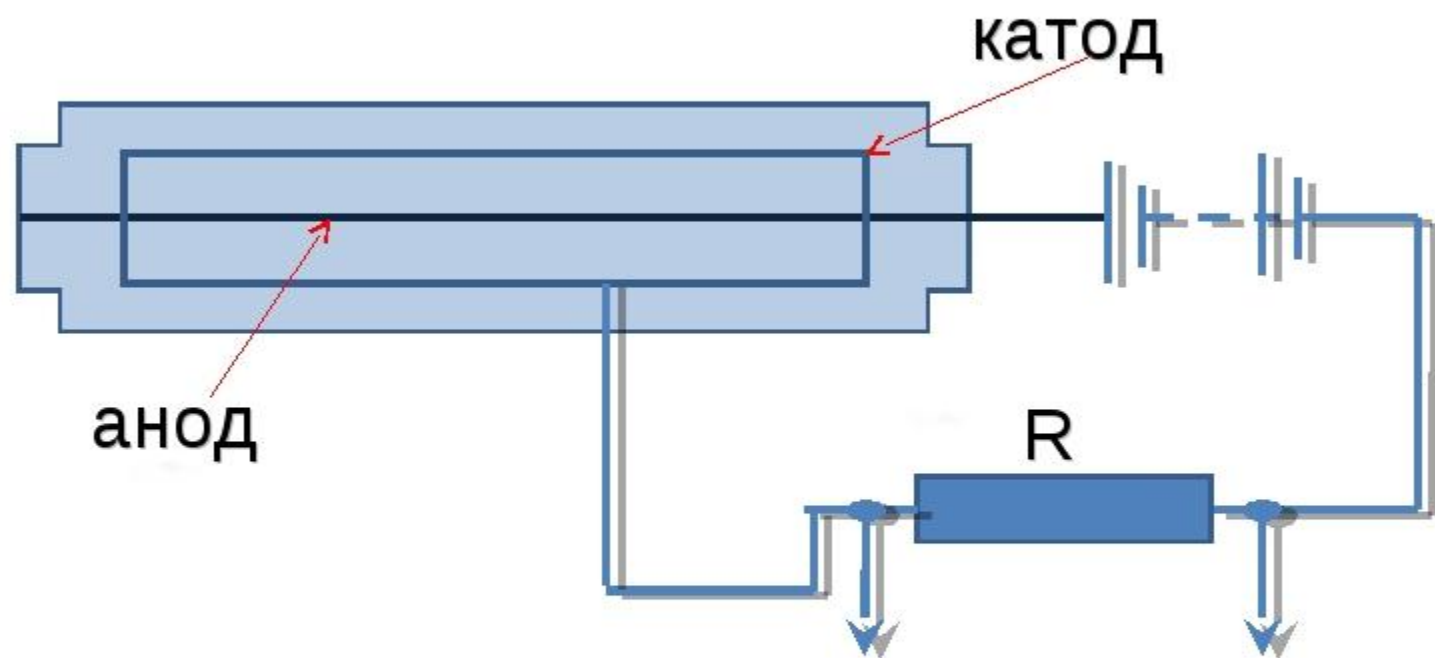
Счетчик Гейгера



Простейший прибор радиометрического контроля, который может определить наличие различного излучения и позволяет оценить его



Счётчик Гейгера – прибор для автоматического подсчёта частиц.



Счётчик состоит из *закрытой трубки*, по оси которой натянута струна (А), а стенки покрыты тонким проводящим слоем (К).

- Баллон наполнен инертным газом с добавками паров спирта под небольшим, примерно 0,1 атм, давлением и запаян. Нить является анодом, металлизированная поверхность трубки - катодом для источника. Счетчик Гейгера включается в электронную R и C цепочку, напряжение с которой подается на осциллограф. На экране осциллографа наблюдается горизонтальная линия временной развертки электронного луча. При попадании в счетчик ионизирующей частицы происходит ударная ионизация газа. Газовая среда пробивается. На резисторе R резко возрастает напряжение, которое регистрируется осциллографом в виде вертикального импульса на экране. Приближаем источник ионизирующих частиц к счетчику и наблюдаем увеличение числа импульсов, то есть увеличение потока ионизирующих частиц. Число импульсов пропорционально числу ионизированных частиц.
- Счетчик хорошо регистрирует электроны, 1 из 100 γ -квантов, регистрация α частиц затруднена.



Дозиметры - группа современных приборов используемых как на производстве, так и в быту. **Основой этих приборов является счетчик Гейгера.**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Система
безопасности для
обеспечения
противодействия
радиационному
терроризму

оценки
радиационного
загрязнения
ягод и грибов

проведения оценок
радиоактивности в
подсобном хозяйстве

оценки радиационного загрязнения местности, зданий и сооружений, жилых и производственных помещений, транспортных средств, стройматериалов, металлолома, предметов быта



Профессиональные

дозиметры

- сложны по своему устройству
- достаточно дороги
- обладают хорошим быстродействием
- высоким уровнем чувствительности прибора: измерять все виды ионизирующего излучения.



Бытовые дозиметры



- имеют низкую чувствительность (существенно снижает быстродействие и точность измерений)
- Имеют ошибку порядка 20 — 30 %.



- дешевизна

Дозиметр-радиометр МКС-05 «ТЕРРА-П»



СИГ-PM1208

Камера Вильсона представляет собой цилиндр с прозрачными торцами.

Действие камеры основано на конденсации пересыщенных паров этилового спирта на ионах с образованием капелек воды.





I. Камера Вильсона 1912 г

(в основном для наблюдения α и β частиц).



1- стеклянная пластина

2- поршень

3- камера, наполненная
насыщенными парами воды
или спирта

4- цилиндр

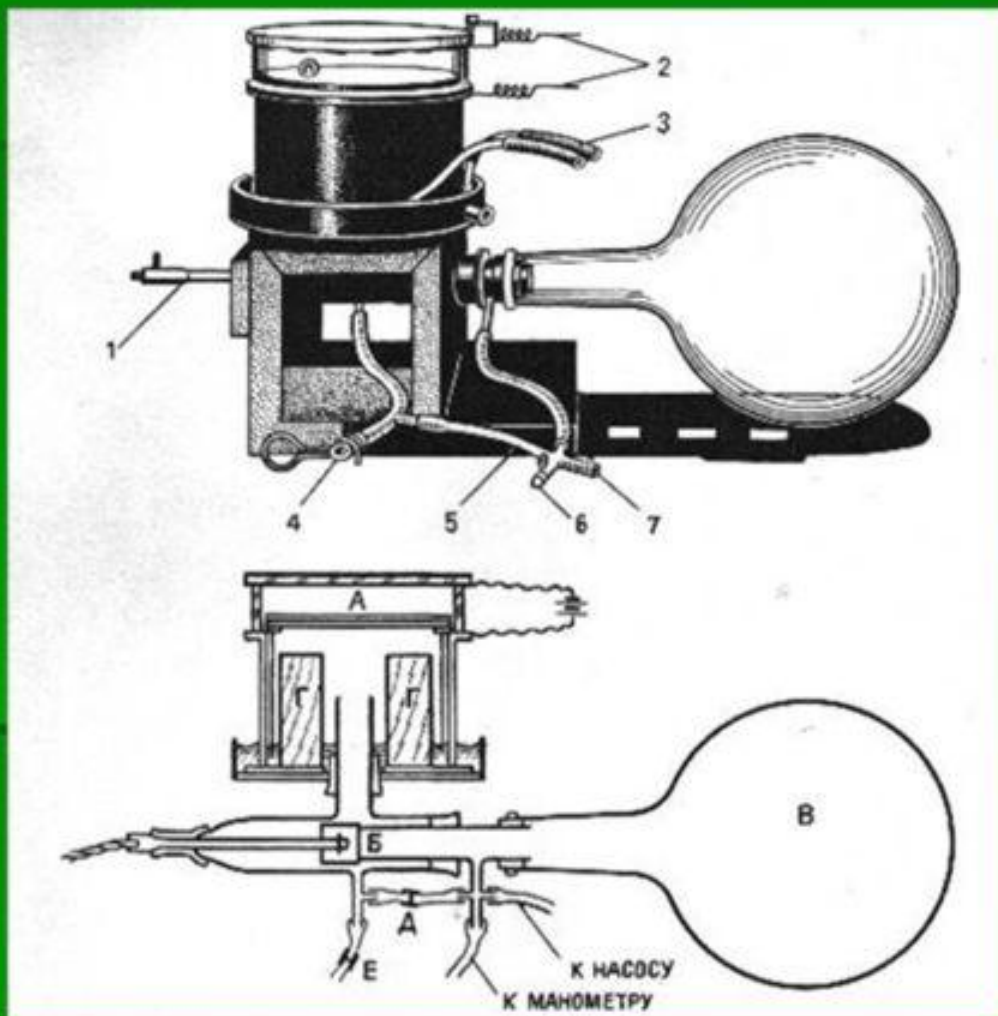
*Поршень опускаем резко вниз:
давление уменьшается*



Камера Вильсона



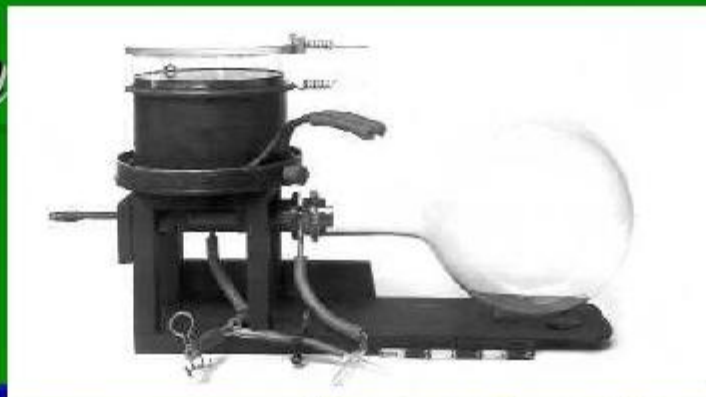
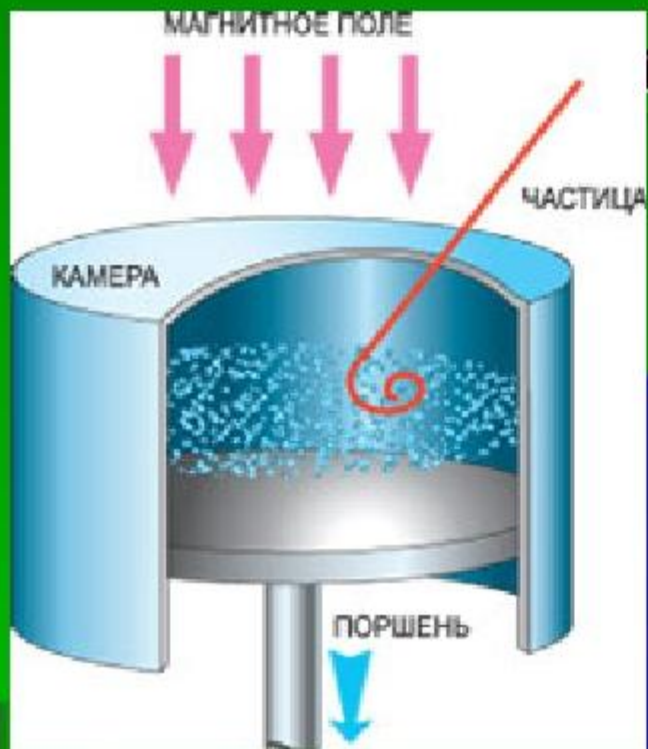
Современная камера Вильсона



Внешний вид одной из первых камер Вильсона

- Внутрь цилиндра введен источник ионизированных частиц. Для удаления ионов газа, которые образуются в результате столкновений с ионизирующими частицами, стеклянные окна покрыты изнутри токопроводящей пленкой, на которую подается высокое напряжение от высоковольтного источника. Для создания пересыщенных паров спирта внутри камеры поступаем так: набираем немного спирта в грушу и ополаскиваем ее изнутри. Затем спирт сливаем, а грушу при помощи резиновой трубки соединяем с камерой Вильсона. Камеру помещаем на кодоскоп и проецируем на экран. Несколько раз медленно сжимаем и отпускаем грушу, создавая в камере состояние пересыщенных паров спирта. Затем сильно сжимаем грушу и после некоторой задержки резко отпускаем. На экране видны треки частиц в виде туманных следов конденсированных молекул спирта.

Камера Вильсона



Треки частиц в камере Вильсона



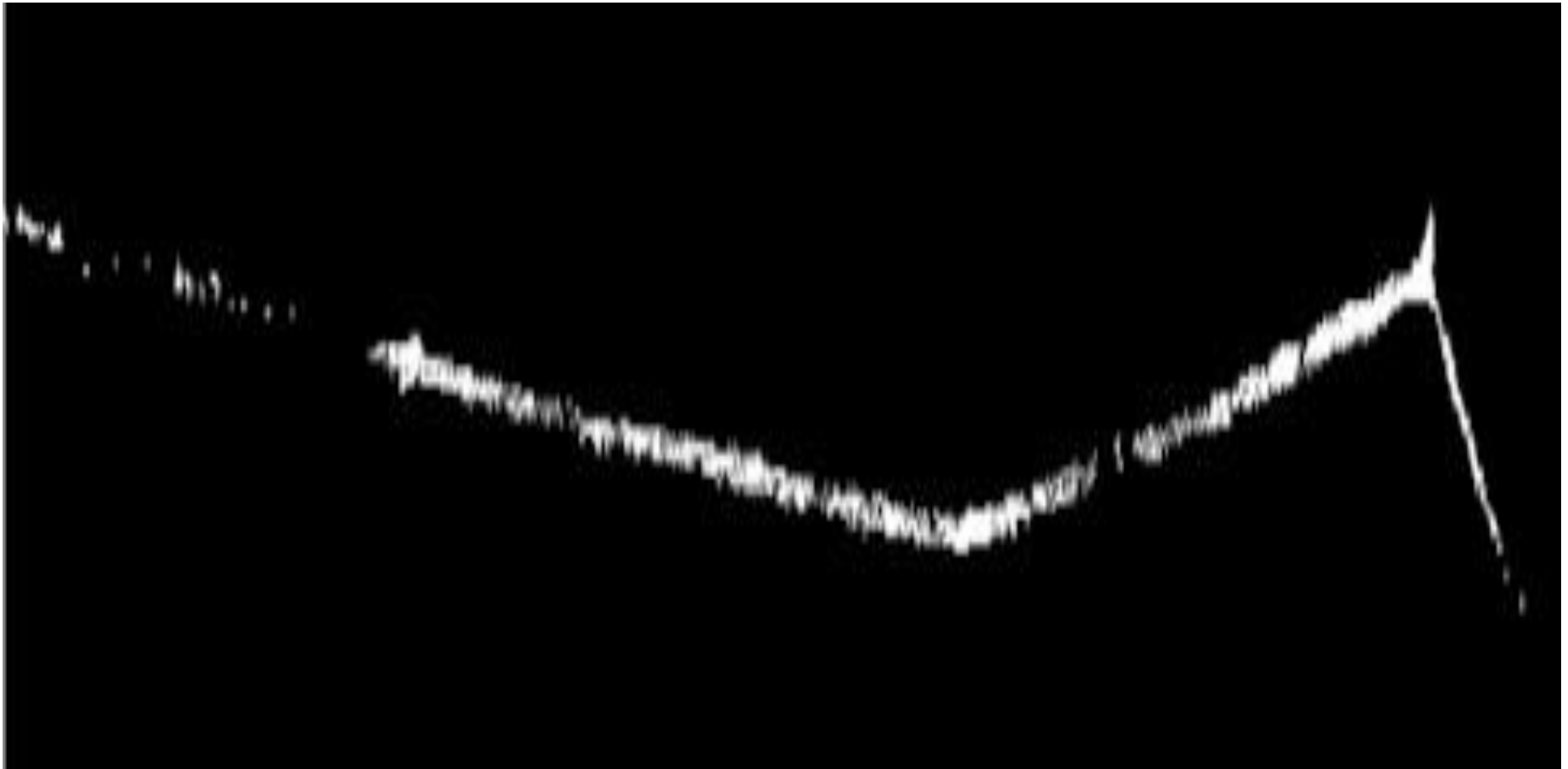
Действие камеры
основано на конденсации
перенасыщенного пара на ионах с
образованием капелек воды



КАМЕРА ВИЛЬСОНА ДАЕТ ВОЗМОЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛИТЬ

- ЭНЕРГИЮ ЧАСТИЦЫ**
- ЕЕ СКОРОСТЬ**
- ВЕЛИЧИНУ ЗАРЯДА**
- ОТНОШЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ
ЗАРЯДА К ЕЕ МАССЕ И
САМУ МАССУ.**

*След α -частицы, испытавшей два
столкновения в камере Вильсона*



Пузырьковая камера – трековый детектор элементарных заряженных частиц, в котором трек (след) частицы образует цепочка пузырьков пара вдоль траектории её движения. Изобретена А. Глэзером в 1952 г. (Нобелевская премия 1960 г.).

В пузырьковой камере используется свойство чистой перегретой жидкости вскипать (образовывать пузырьки пара) вдоль пути пролёта заряженной частицы.

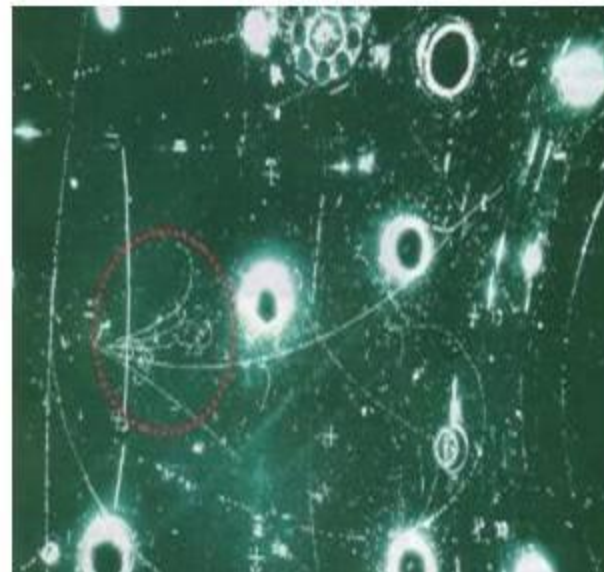
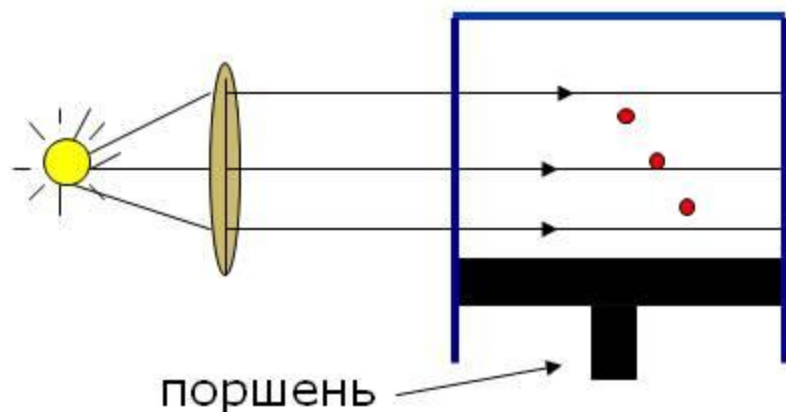


Пузырьковая камера внешний вид

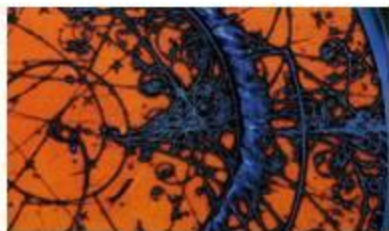
Пузырьковая камера

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.



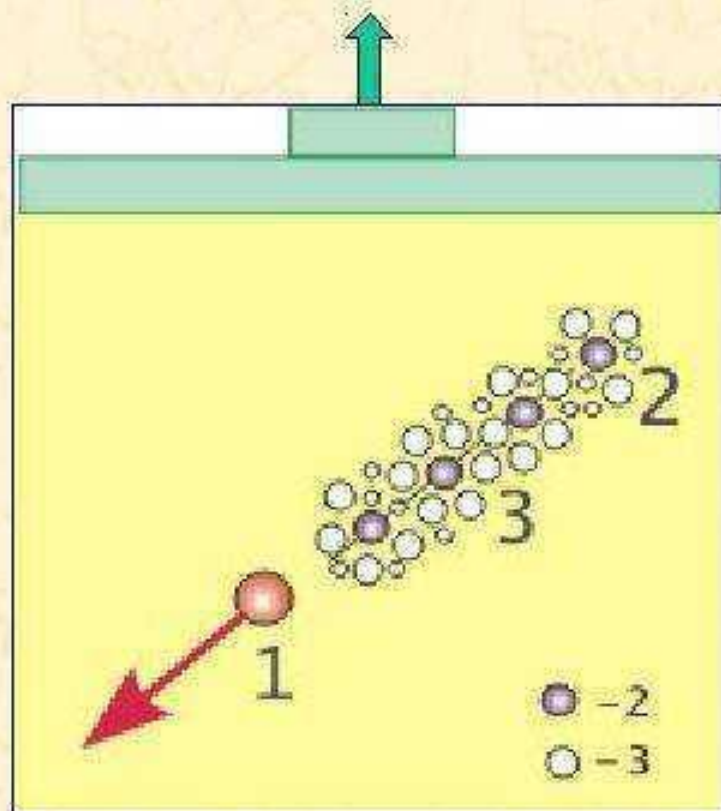
Фотография столкновения элементарных частиц в главной пузырьковой камере ускорителя Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН) в Женеве, Швейцария. **Траектории движения элементарных частиц расцвечены для большей ясности картины. Голубыми линиями отмечены следы пузырьков, образующихся вокруг атомов,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

Принцип действия пузырьковой камеры напоминает принцип действия камеры Вильсона. В последней используется свойство перенасыщенного пара конденсироваться в мельчайшие капельки вдоль траектории заряженных частиц. Перегретая жидкость – это жидкость, нагретая до температуры большей температуры кипения для данных условий. Вскипание такой жидкости происходит при появлении центров парообразования, например, ионов. Таким образом, если в камере Вильсона заряженная частица инициирует на своём пути превращение пара в жидкость, то в пузырьковой камере, наоборот, заряженная частица вызывает превращение жидкости в пар.

- Перегретое состояние достигается быстрым (5-20 мс) уменьшением внешнего давления. На несколько миллисекунд камера становится чувствительной и способна зарегистрировать заряженную частицу. После фотографирования треков давление поднимается до прежней величины, пузырьки “схлопываются” и камера вновь готова к работе. Цикл работы большой пузырьковой камеры 1 с (т. е. значительно меньше, чем у камеры Вильсона), что позволяет использовать её в экспериментах на импульсных ускорителях. Небольшие пузырьковые камеры могут работать в значительно более быстром режиме – 10-100 расширений в секунду. Моменты возникновения фазы чувствительности пузырьковой камеры синхронизуют с моментами попадания в камеру частиц от ускорителя.

Пузырьковая камера

В 1952 г. американским ученым Д. Глейзером было предложено использовать для обнаружения треков частиц перегретую жидкость.



- 1 – ионизирующая частица
- 2 – ион - центр парообразования
- 3 – пузырьки пара вскипающей жидкости



II. Пузырьковая камера 1952 г



Глейзер (ам. ученый) предложил использовать перегретую жидкость. В такой жидкости на ионах, образующиеся при движении, быстро заряженные частицы возникают пузырьки пара.

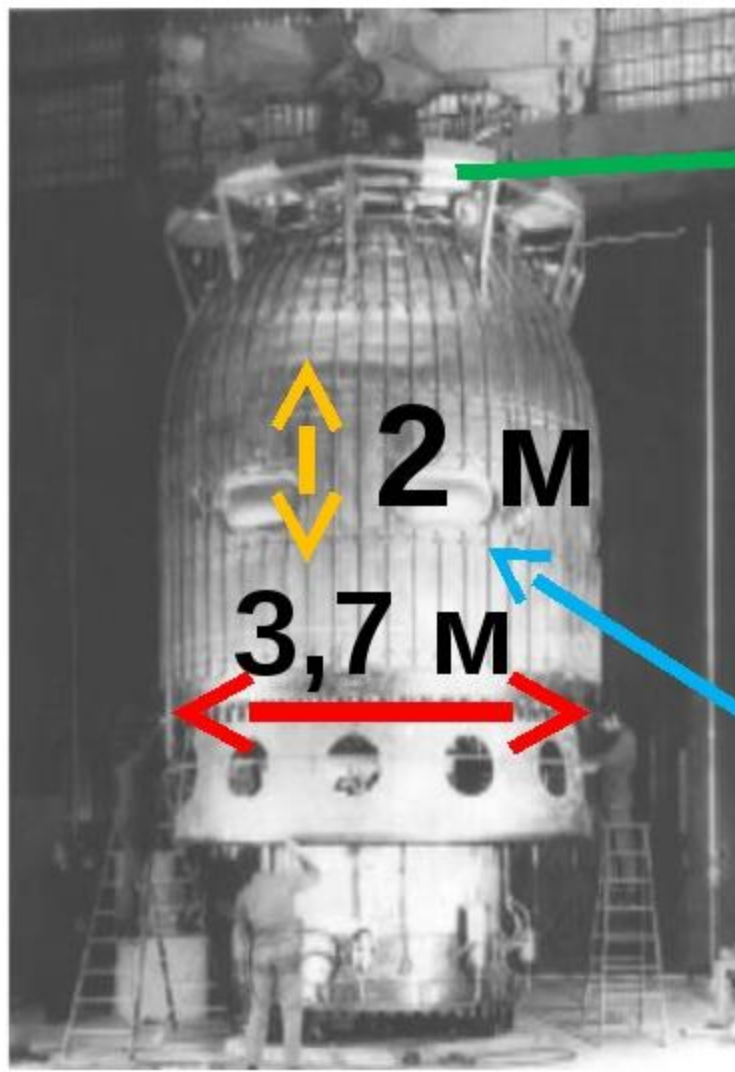
Преимущество: Большая тормозная способность.

Перегретая жидкость при высоком давлении и ее температура больше T кипения при атмосферном давлении (эфир, пропан, жидкий водород) и на ионах возникают пузырьки пара, дающие ТРЕК и называются пузырьковой камерой.

- Важным преимуществом пузырьковой камеры по сравнению с камерой Вильсона и диффузионной камерой является то, что в качестве рабочей среды в ней используется жидкость (жидкие водород, гелий, неон, ксенон, фреон, пропан и их смеси). Эти жидкости, являясь одновременно мишенью и детектирующей средой, обладают на 2-3 порядка большей плотностью, чем газы, что многократно увеличивает вероятность появления в них событий, достойных изучения, и позволяют целиком “уместить” в своём объёме треки высокоэнергичных частиц.
- Пузырьковые камеры могут достигать очень больших размеров (до 40 м³). Их, как и камеры Вильсона, помещают в магнитное поле. Пространственное разрешение пузырьковых камер 0.1 мм.

- Недостатком пузырьковой камеры является то, что её невозможно (в отличие от камеры Вильсона) быстро “включить” по сигналам внешних детекторов, осуществляющих предварительный отбор событий, так как жидкость слишком инерционна и не поддается очень быстрому (за время 1 мкс) расширению. Поэтому пузырьковые камеры, будучи синхронизованы с работой ускорителя, регистрируют все события, инициируемые в камере пучком частиц. Значительная часть этих событий не представляет интереса.

Пузырьковая камера в Женеве



4
фотокамер
ы
и перископ
для
визуальног

водоро

Метод толстослойных фотоэмульсий

- Ионизирующее действие быстрых заряженных частиц на эмульсию фотопластины позволило французскому физiku **А. Беккерелю** открыть в 1896г. радиоактивность. Метод фотоэмульсии был разработан в 1928г. советскими физиками **Л. В. Мысовским, А. П. Ждановым**. Фотоэмульсионный (или метод толстослойных эмульсий) является наиболее дешевым методом регистрации ионизирующего излучения. **Его сущность заключается в использовании специальных фотоэмульсий нанесенных на фотопластины.**

Метод толстослойных фотоэмульсий

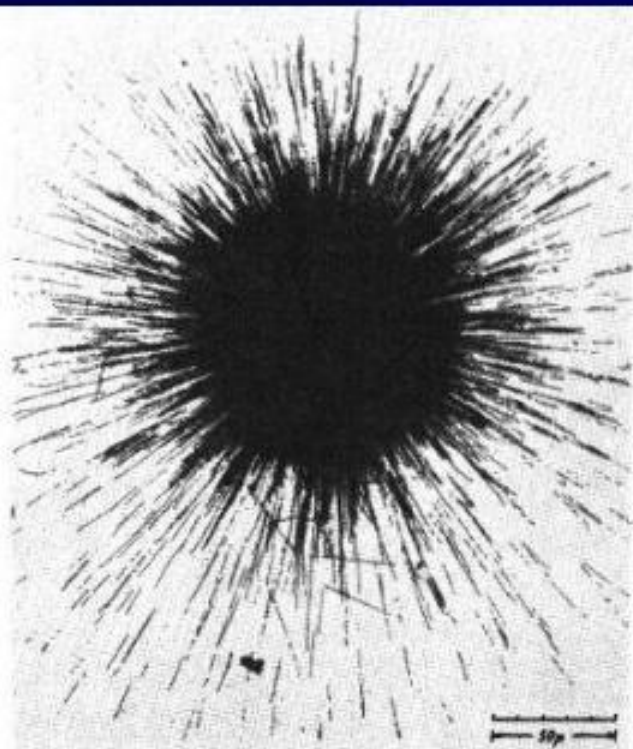
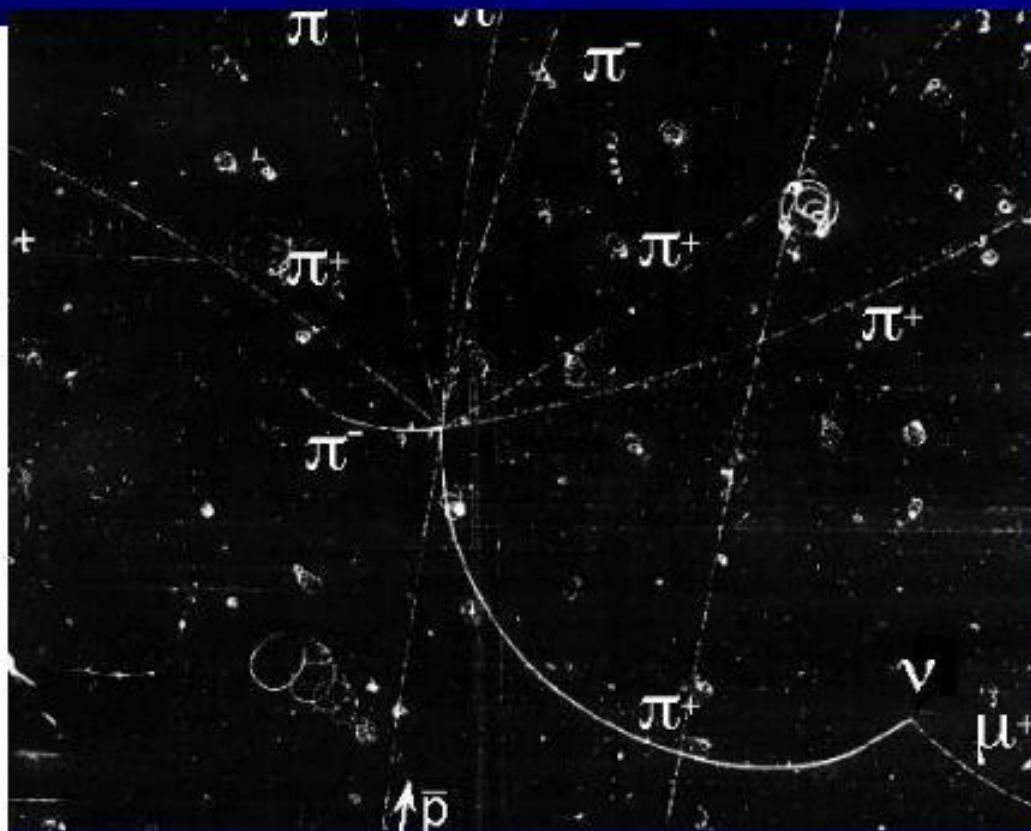


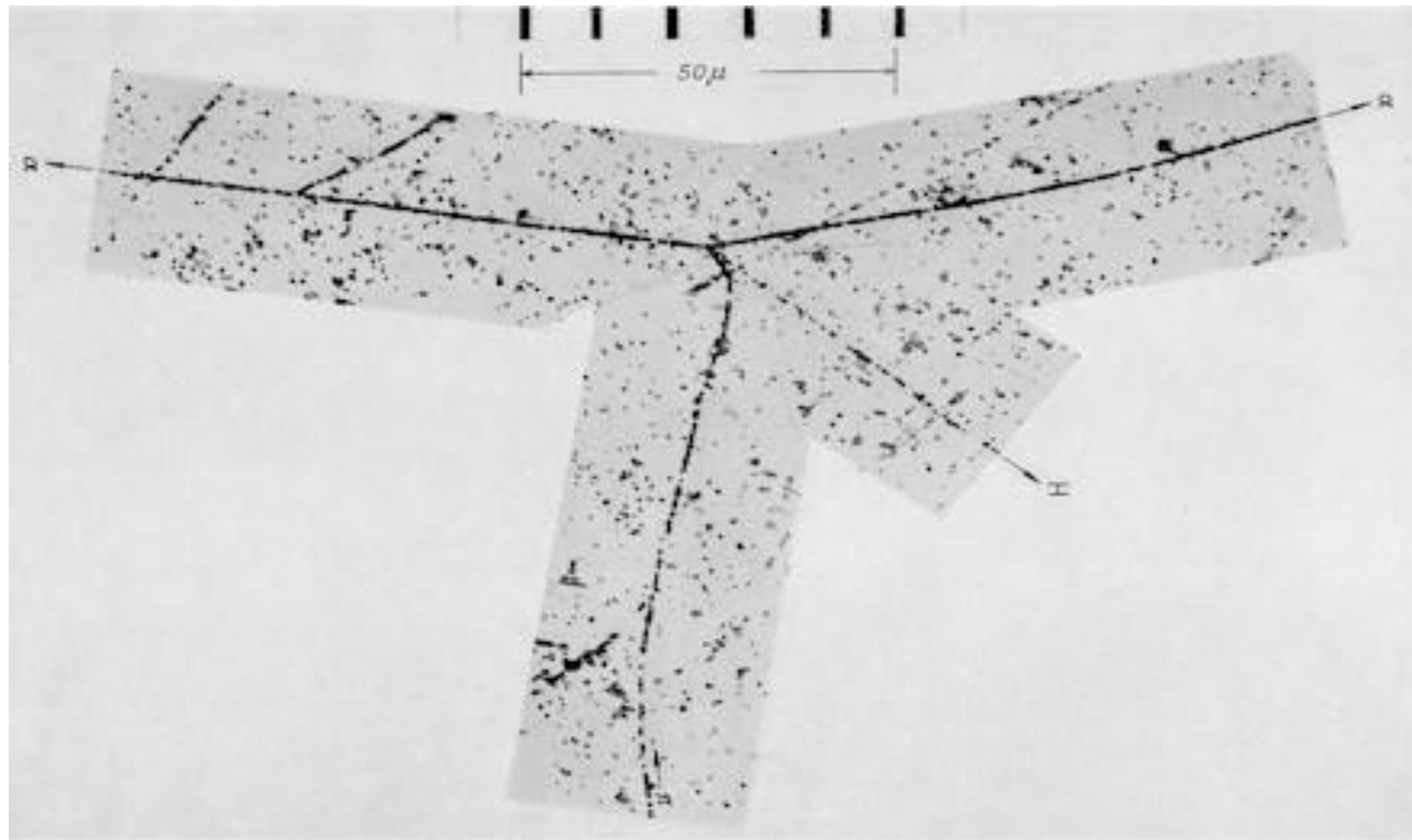
Рис. 19. Радиоактивное загрязнение эмульсии крупинкой соли радия.



Треки элементарных частиц в толстослойной фотоэмульсии

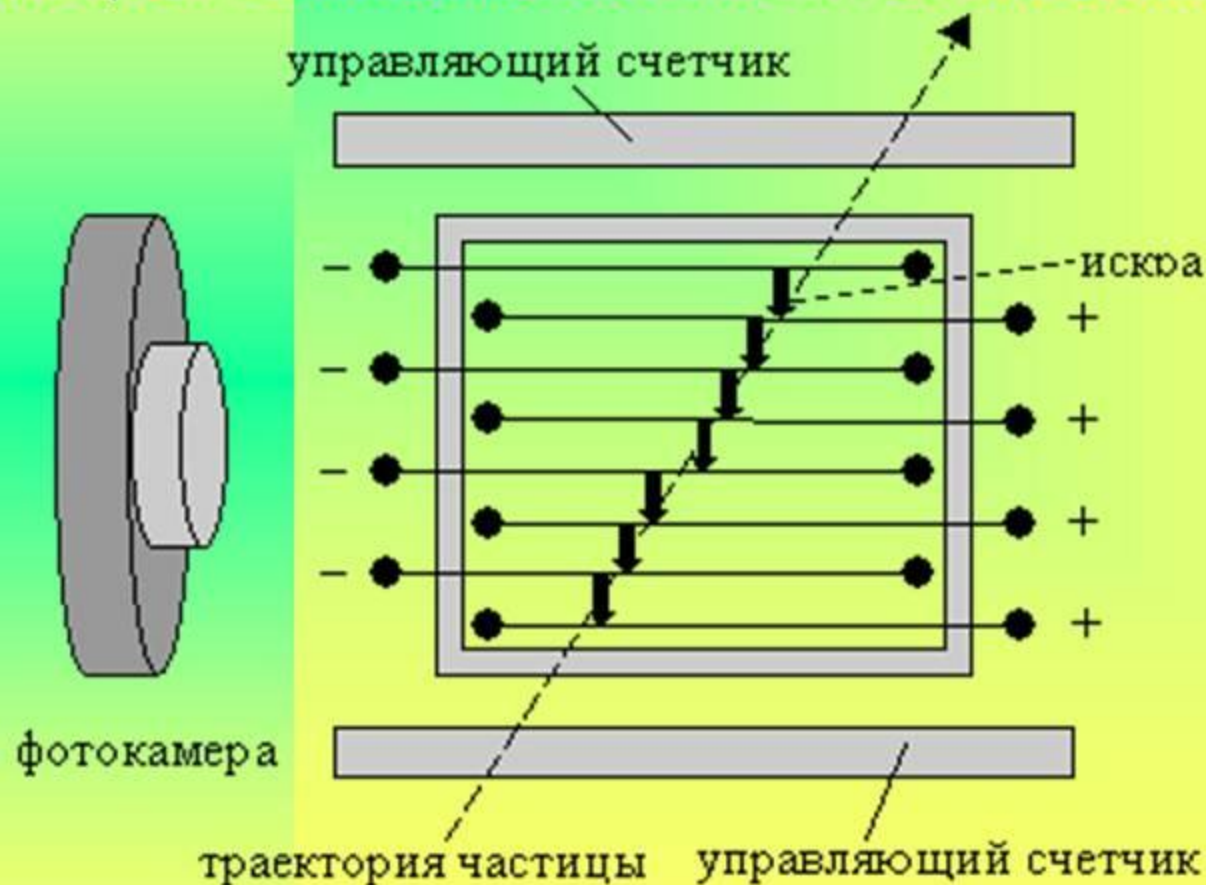
- Фотоэмульсия содержит большое количество микроскопических кристалликов бромида серебра. Быстрая заряженная частица, пронизывая кристаллик, отрывает электроны от отдельных атомов брома. Цепочка таких кристалликов образует скрытое изображение. При проявлении в этих кристалликах восстанавливается металлическое серебро и цепочка зерен серебра образует трек 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. Фотоэмульсия имеет большую плотность, поэтому треки получаются короткими.

**Фотография в фотоэмульсии
расщепление ядра углерода
при захвате π -мезона.**



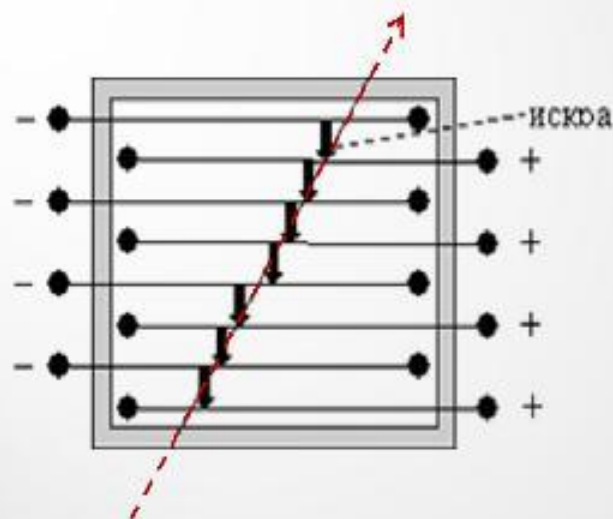
Искровая камера

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

Разрядные искры строго локализованы. Они возникают там, где появляются свободные заряды. Искровые камеры могут иметь размеры порядка нескольких метров.



Внешний вид
двухсекционной
искровой камер



Методы наблюдения и регистрации частиц в ядерной физике (метод сцинтилляций)

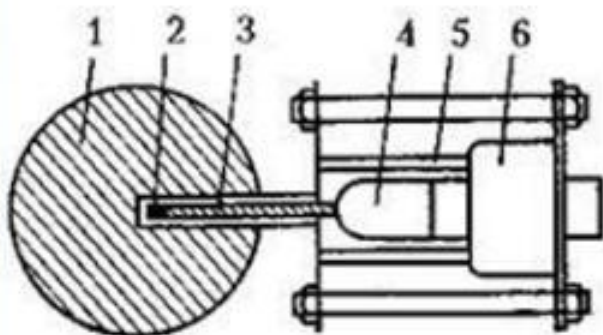
В сцинтилляционном методе для регистрации используются кристаллы, испускающие свет под воздействием ионизирующих частиц. В современных сцинтилляционных счетчиках вспышки света в кристаллах регистрируются фотоэлектронными приборами, использующими явление фотоэффекта.



Метод сцинтилляций

- Этот метод был использован Резерфордом в 1911г., а предложил его У. Крупе в 1903г. Простейшим средством регистрации излучений был экран, покрытый люминесцирующим веществом (от лат. *lumen* – свет). Это вещество светится при ударе о него заряженной частицы, если энергии этой частицы достаточно для возбуждения атомов вещества. В том месте, куда частица попадает, возникает вспышка – сцинтилляция (от лат. *scintillatio* – сверкание, искрение). Вспышки на экране наблюдаются с помощью микроскопа. Такие счётчики и получили название сцинтилляционные.
- Вся эта установка помещается в сосуд, из которого откачен воздух (чтобы устранить рассеяние частиц за счет их столкновений с молекулами воздуха). Если на пути частиц нет никаких препятствий, то они попадают на экран узким, слегка расширяющимся пучком. При этом все возникающие на экране вспышки сливаются в одно небольшое светлое пятно.

3. Сцинтилляционные счетчики



1 - замедлитель; 2 - сцинтиллятор $\text{LiI}(\text{Eu})$;
3 - световод;
4 - ФЭУ;
5 - экран;
6 - предусилитель

Назначение: регистрация тепловых и быстрых нейтронов.

Способы регистрации быстрых нейтронов:

- смесь $\text{ZnS}(\text{Ag})$ с плексигласовым порошком (замедлитель);
- смесь $\text{ZnS}(\text{Ag})$ с парафином и полиэтиленом (замедлитель);
- сцинтилляторы содержащие водород (замедлитель) и бор

Регистрируются протоны отдачи и альфа-частицы с ядрами лития по реакции $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$.

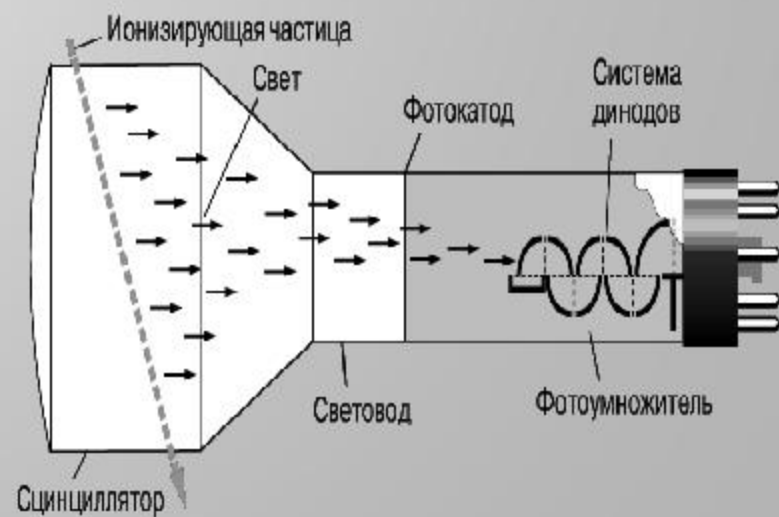
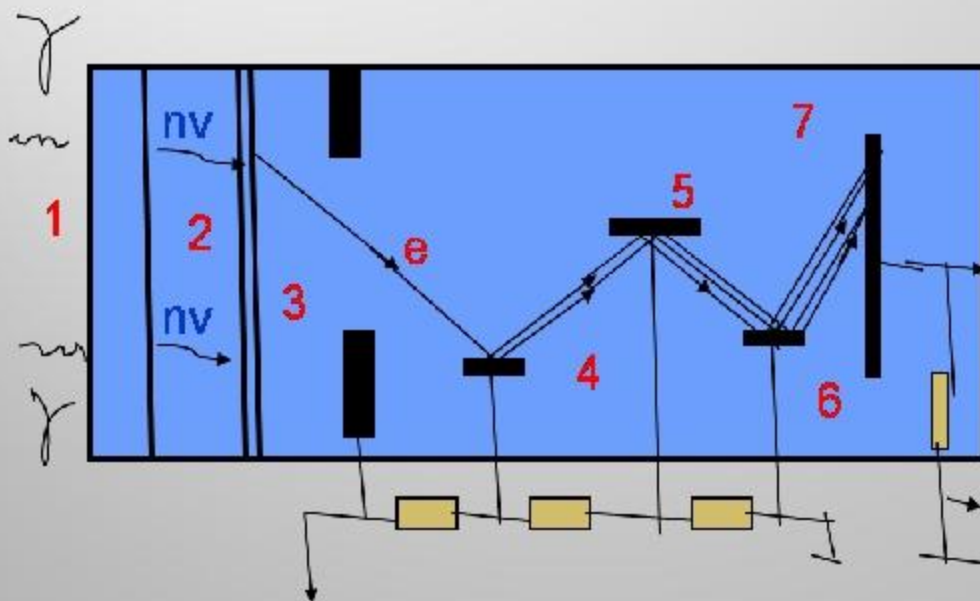
Способы регистрации тепловых нейтронов:

- сцинтилляторы из смеси $\text{ZnS}(\text{Ag})$ с B_2O_3 ;
- смесь $\text{ZnS}(\text{Ag})$ и делящееся вещество $^{238}\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$

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.



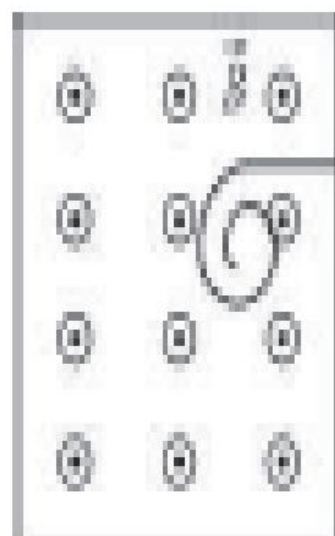
МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ:

- Счётчик Гейгера
- Камера Вильсона
- Пузырьковая камера
- Толстые фотоэмульсии



Shared

На рисунке схематически изображён трек частицы в камере Вильсона, помещённой во внешнее магнитное поле $\vec{B}$. Данный трек может принадлежать



- 1) электрону 2) α -частице 3) нейтрону 4) позитрону

Установите соответствие между схемами проведения экспериментов по исследованию элементарных частиц и названиями экспериментальных методов. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

СХЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

НАЗВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ

А)



Б)



- 1) метод сцинтилляций
- 2) камера Вильсона
- 3) счётчик Гейгера
- 4) пузырьковая камера

Ответ:

А	Б