

# Методы наблюдения и регистрации радиоактивных (элементарных) частиц.

03.03.2021г

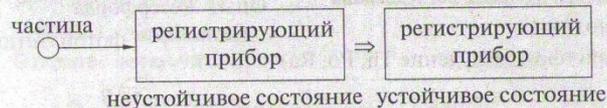
# Конспект

К-11.29

## МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

§ 98

### ① Принцип действия



### ② Газоразрядный счетчик Гейгера



### ③ Камера Вильсона (1912 г.)



Поршень  $\downarrow \Rightarrow p \downarrow \Rightarrow t \downarrow \Rightarrow$  пар пересыщенный.  
Ионы – центры конденсации  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  вдоль пути частицы след (трек).  
П. Л. Капица и Д. В. Скобельцын –  
камеру Вильсона в однородное магнитное поле.

### ④ Пузырьковая камера (Д. Глезер, амер. – 1952 г.)



Жидкость при  $t > t_c$ , нет кипения, т.к. велико  $p$ .  
Поршень  $\downarrow \Rightarrow p \downarrow \Rightarrow$  жидкость перегретая.  
Ионы – центры парообразования  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  вдоль пути частицы  $\Rightarrow$  след (трек).  
Преимущество: большая плотность рабочего  
вещества  $\Rightarrow$  треки короче  $\Rightarrow$  наблюдают серию  
превращений частиц.

### ⑤ Метод толстослойных фотоэмульсий (Л. В. Мысовский и А. П. Жданов)

Кристаллики AgBr расщепляются под действием элементарных частиц  $\Rightarrow$   
скрытое изображение  $\Rightarrow$  при проявлении восстан. металлическое серебро  $\Rightarrow$   
трек (аналог фотографии).  
Большая плотность фотоэмульсии  $\Rightarrow$  треки короткие.  
Преимущество: время экспозиции велико  $\Rightarrow$  можно регистрировать редкие  
явления.

- **Регистрирующий прибор** – это сложная макроскопическая система, которая может находиться в *неустойчивом состоянии*. При небольшом возмущении, вызванном пролетевшей частицей, начинается *процесс перехода системы в новое, более устойчивое состояние*. Этот процесс и позволяет регистрировать частицу.
- В настоящее время используется много разнообразных методов регистрации частиц.

# Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц

Сцинтилляци  
онный  
метод

Счётчик  
Гейгера

Камера  
Вильсона

Пузырьковая  
камера

Фотографические  
эмульсии

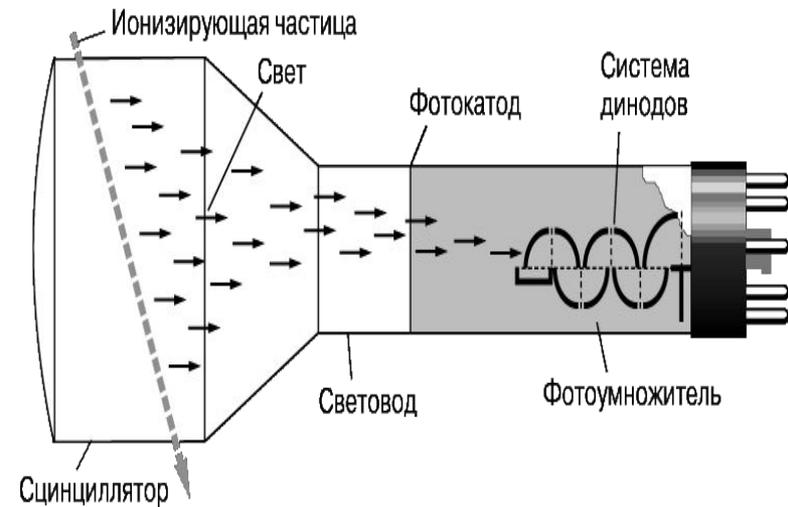
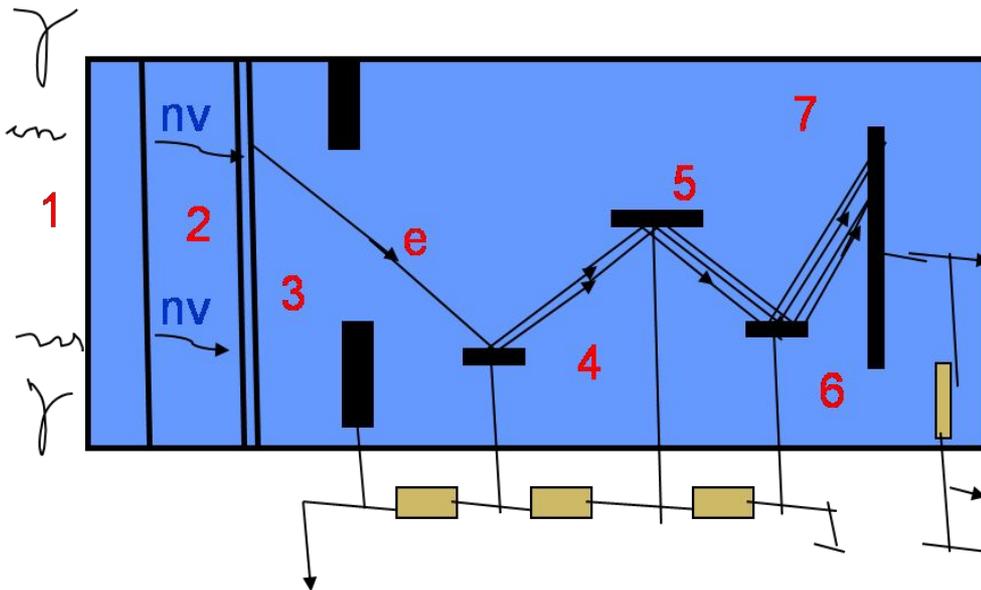
Искровая  
камера

В зависимости от целей эксперимента и условий, в которых он проводится, применяются те или иные регистрирующие устройства, отличающиеся друг от друга по основным характеристикам.

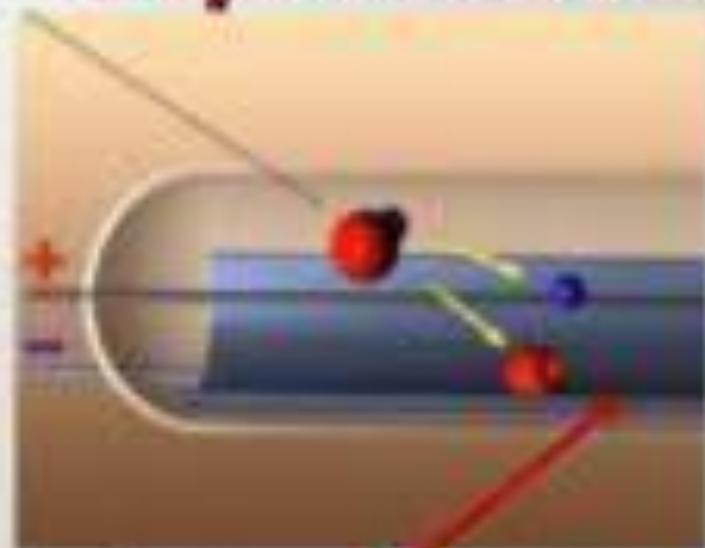
Сцинтилляционный счётчик, прибор для регистрации ядерных излучений и элементарных частиц (протонов, нейтронов, электронов,  $\gamma$  - квантов, мезонов и т. д.). Основным элементом счетчика является вещество, люминесцирующее под действием заряженных частиц (сцинтиллятор).

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.



# Сцинтилляционный счетчик



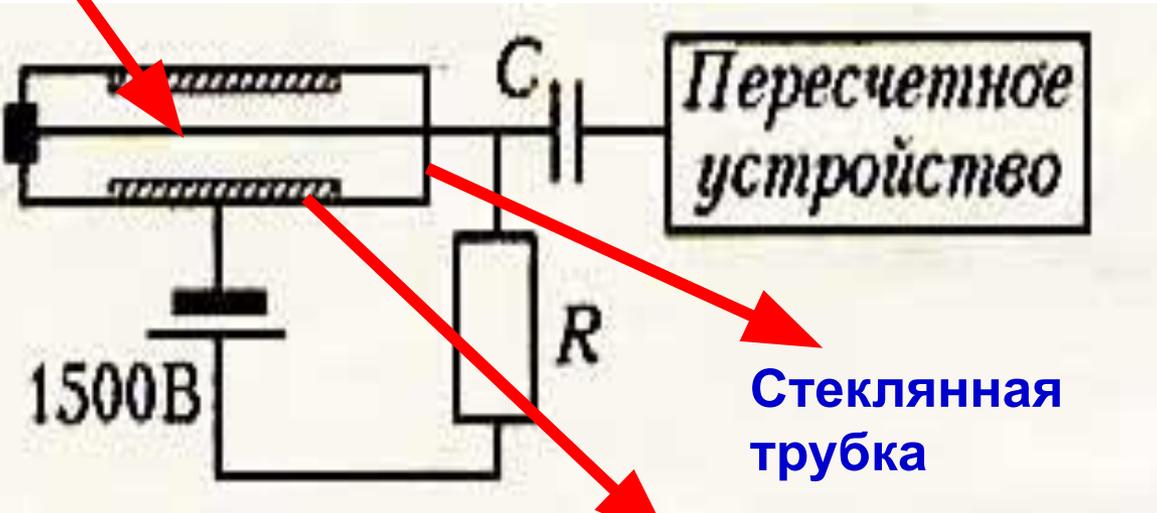
ЭКРАН

В 1903 году У.Крукс заметил, что частицы, испускаемые радиоактивным веществом, попадая на покрытый сернистым цинком экран, вызывает его свечение.

Устройство было использовано Э.Резерфордом. Сейчас сцинтилляции наблюдают и считают с помощью специальных устройств.

# Счётчик Гейгера:

анод



Стеклянная  
трубка

Катод.

**Устройство:**

Это стеклянная трубка, заполненная газом (аргоном), с двумя электродами внутри (катод и анод).

При пролете частицы возникает ударная ионизация газа и возникает **ИМПУЛЬС электрического тока**.

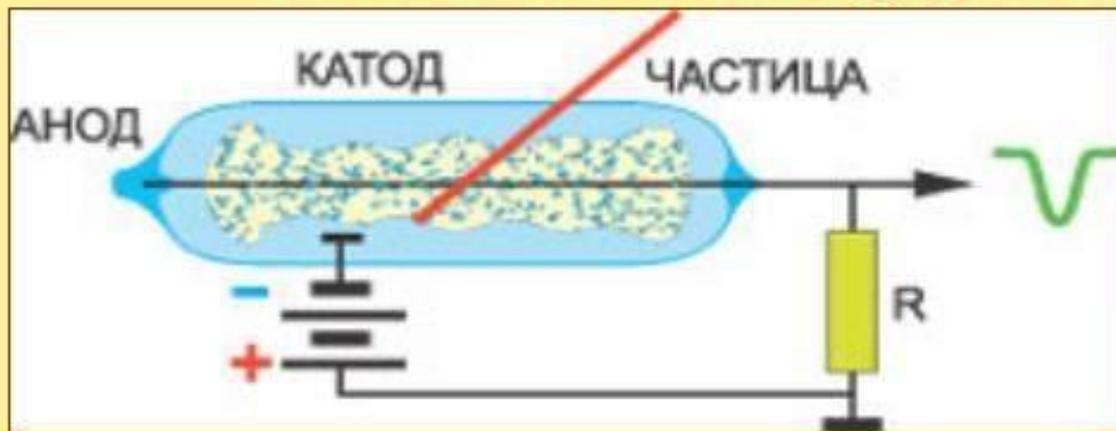
**Назначение:**

служит для подсчёта количества радиоактивных частиц (в основном электронов).

**Достоинства:**

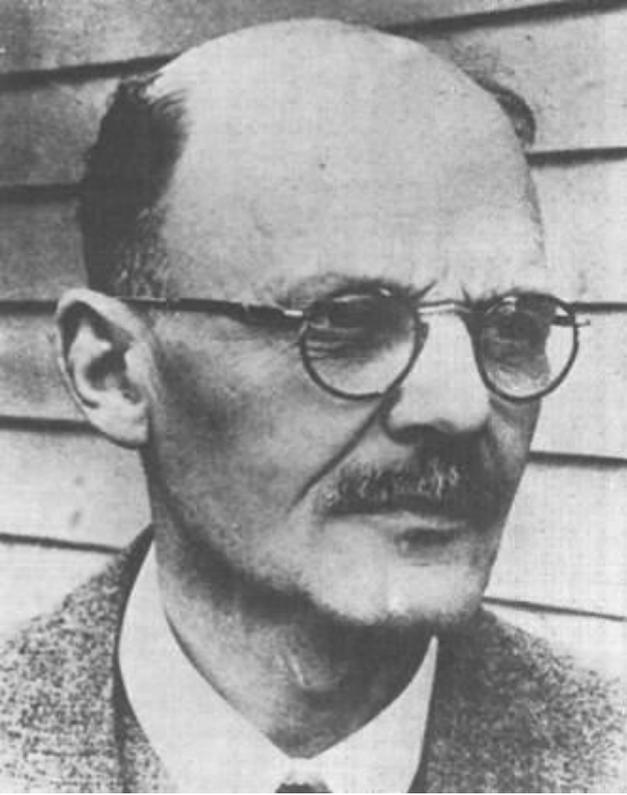
- 1. компактность
- 2. эффективность
- 3. быстроедействие
- 4. высокая точность (10000 частиц/с).

# Счетчик Тейгера



*В наполненной аргоном трубке пролетающая через газ частичка ионизирует его, Между катодом и анодом возникает электрический ток, на резисторе, на резисторе  $R$  образуется напряжение.*

- 1882г. немецкий физик Х. Гейгер



Различные виды счётчиков Гейгера.

## Счётчик Гейгера.



- **Где используется:**
  - регистрация радиоактивных загрязнений на местности, в помещениях, одежды, продуктов и т.д.
  - на объектах хранения радиоактивных материалов или с работающими ядерными реакторами
  - при поиске залежей радиоактивной руды (U - уран, Th - торий).

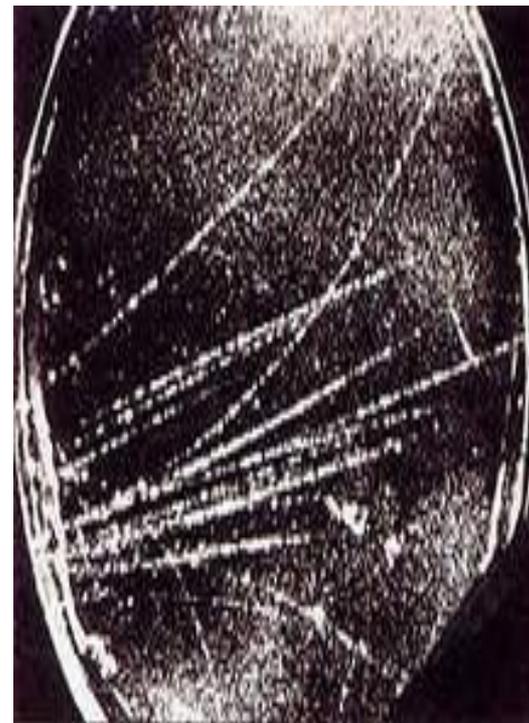
# Камера Вильсона:

Стеклянная  
пластина



Назначение:

служит для  
наблюдения и  
фотографирования  
следов от пролёта  
частиц (треков).



Внутренний объем камеры заполнен парами спирта или воды **в пересыщенном состоянии:**

при опускании поршня уменьшается давление внутри камеры и понижается температура, в результате адиабатного процесса образуется пересыщенный пар.

По следу пролёта частицы конденсируются **капельки влаги** и образуется **трек** – **видимый след.**

- Изобрёл прибор в 1912 году **английский физик Вильсон** для наблюдения и фотографирования следов заряженных частиц. Ему в 1927 году присуждена Нобелевская премия.
- Советские физики **П.Л.Капица** и **Д.В.Скобельцин** предложили помещать камеру Вильсона в однородное магнитное поле.



## Назначение:

- При помещении камеры в **магнитное поле** по треку можно определить: энергию, скорость, массу и заряд частицы.

По длине и толщине трека, по его искривлению в магнитном поле определяют характеристики пролетевшей радиоактивной частицы.

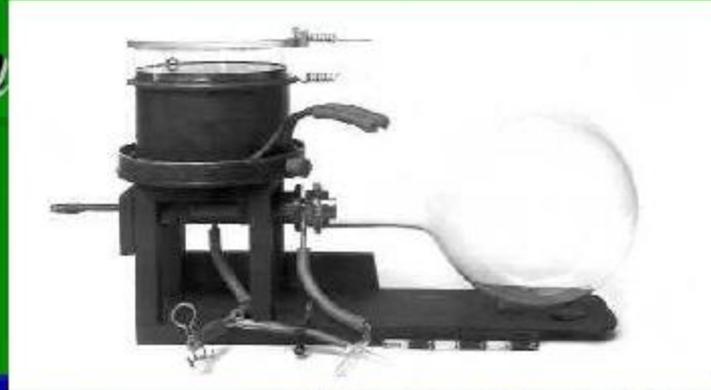
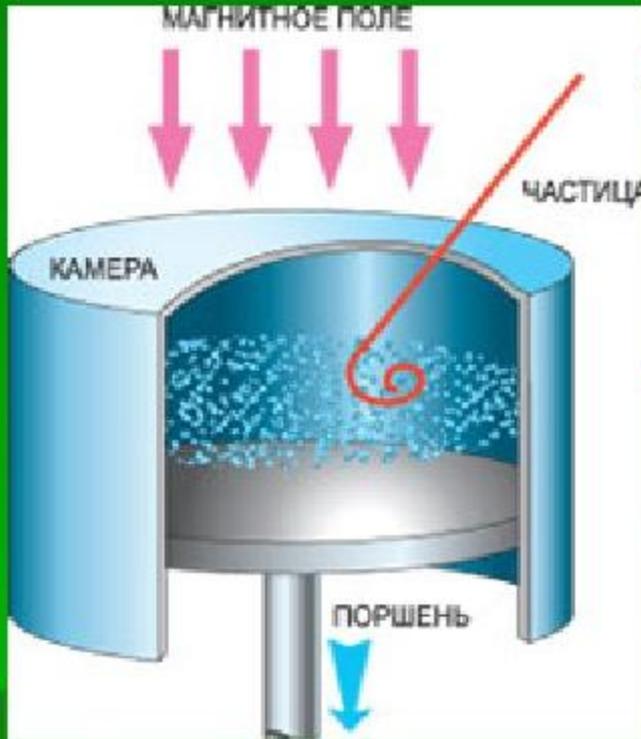
### Например:

1. альфа-частица дает сплошной толстый трек,
2. протон - тонкий трек,
3. электрон - пунктирный трек.



Рис. 28. Первое искусственное превращение элементов — взаимодействие  $\alpha$ -частицы с ядром азота, в результате которого образовались ядро кислорода и протон.

# Камера Вильсона



Треки частиц в камере Вильсона



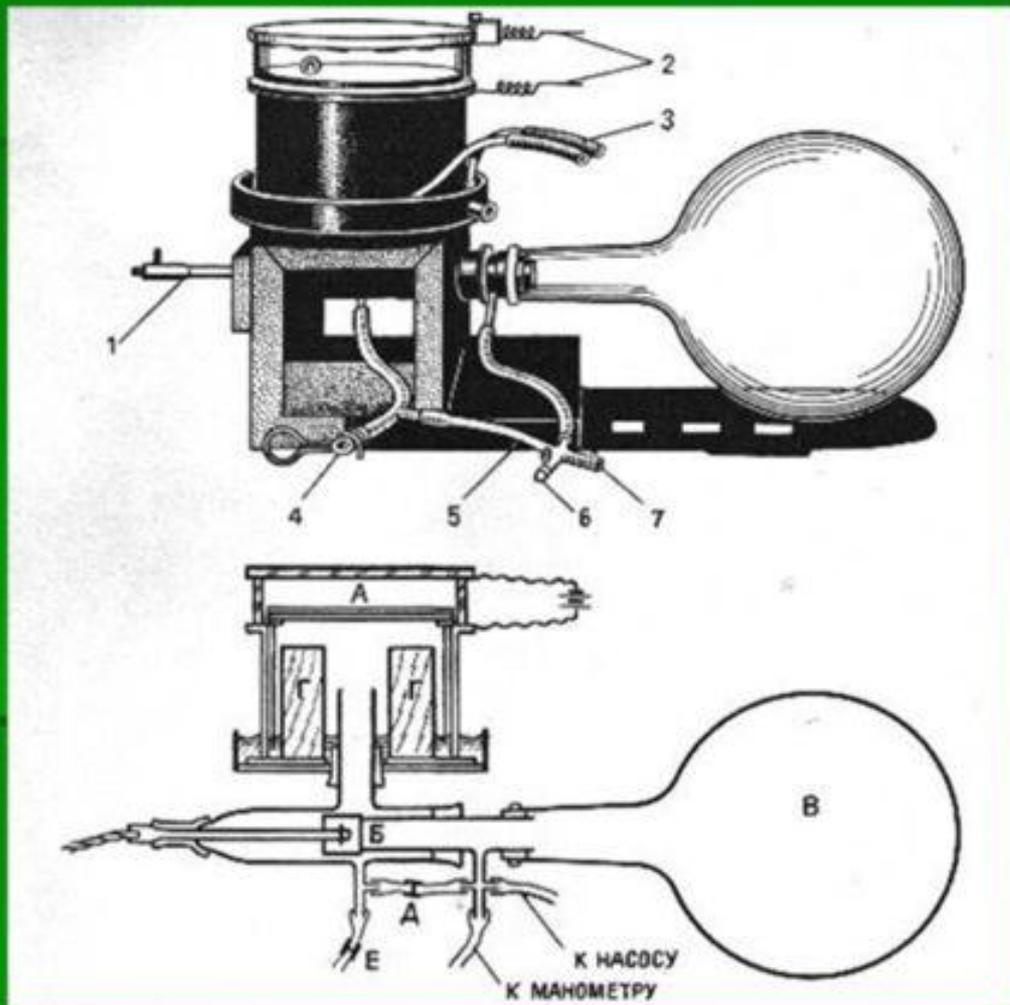
Действие камеры основано на конденсации перенасыщенного пара на ионах с образованием капелек воды



# Камера Вильсона



Современная камера Вильсона



Внешний вид одной из первых камер Вильсона



# Дозиметр-радиометр МКС-05 «ТЕРРА-П»



**СИГ-PM1208**

# Пузырьковая камера:



Вариант камеры Вильсона.

1952 год. Д.Глейзер.

При резком понижении поршня жидкость, находящаяся под высоким давлением, переходит в перегретое состояние. При быстром движении частицы по следу образуются **пузырьки пара**, т. е. жидкость закипает, **виден трек**.

**Преимущества** перед камерой Вильсона:

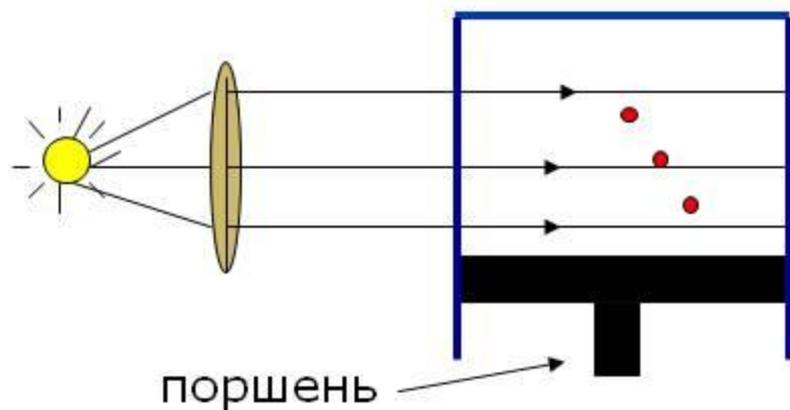
- 1. большая плотность среды, следовательно короткие треки
- 2. частицы застревают в камере и можно проводить дальнейшее наблюдение частиц
- 3. большее быстродействие.



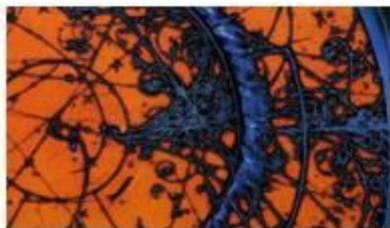
# Пузырьковая камера

1952. Д.Глейзер. Вскипание перегретой жидкости.

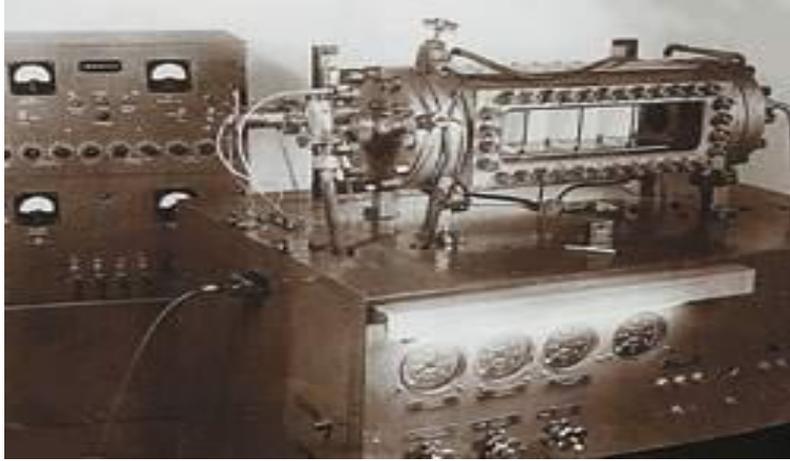
При понижении давления жидкость в камере переходит в перегретое состояние.



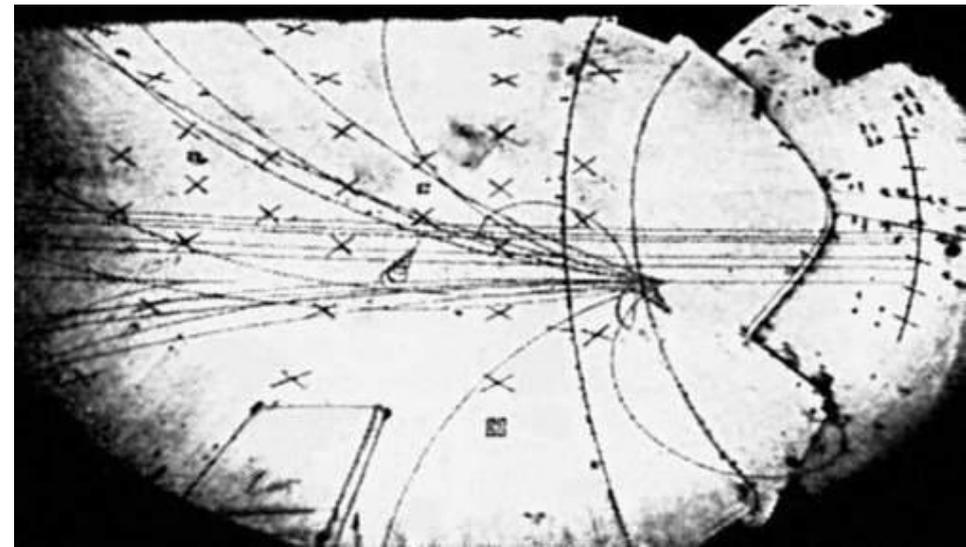
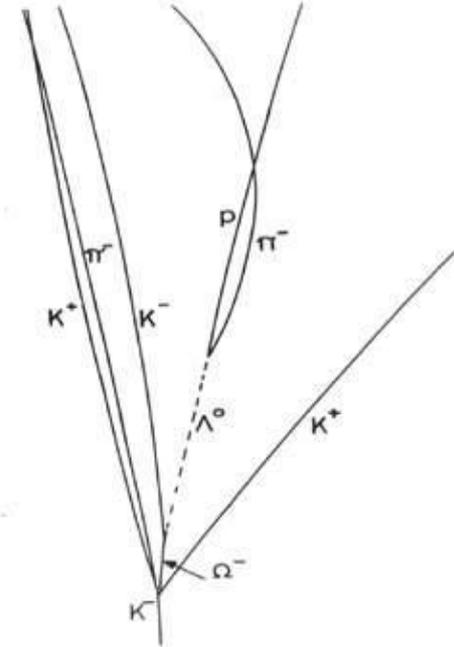
Пролёт частицы вызывает образование цепочки капель, которые можно сфотографировать.



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.**



Различные виды пузырьковой камеры и фотографии треков частиц.



# Метод толстослойных фотоэмульсий:

1928 г. - Л.В.Мысовский, А.П.Жданов.

- **служит** для регистрации частиц
  - позволяет регистрировать редкие явления из-за большого времени экспозиции.

Фотоэмульсия содержит большое количество микрокристаллов бромида серебра.

Влетающие частицы ионизируют поверхность фотоэмульсий. Кристаллики AgBr (бромида серебра) распадаются под действием заряженных частиц и при проявлении выявляется след от пролёта частицы - **трек**. По длине и толщине трека можно определить энергию и массу частиц.

# Метод толстослойных фотоэмульсий

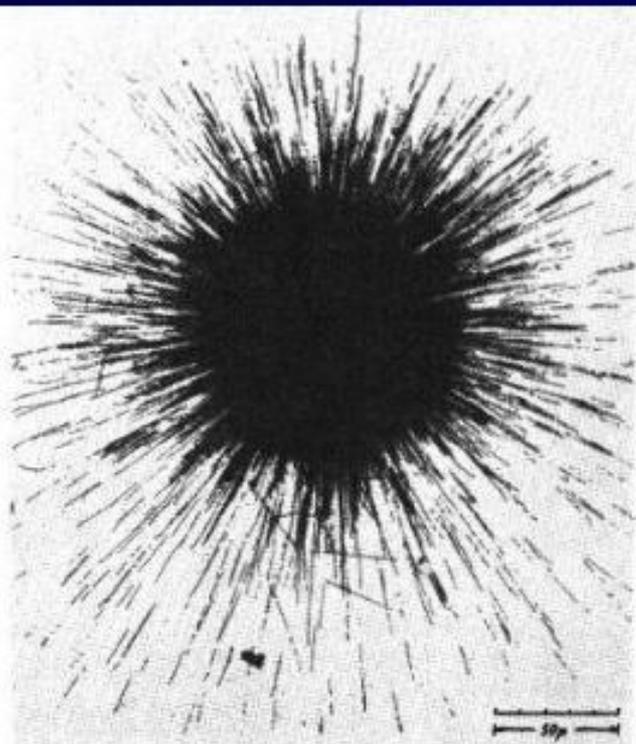
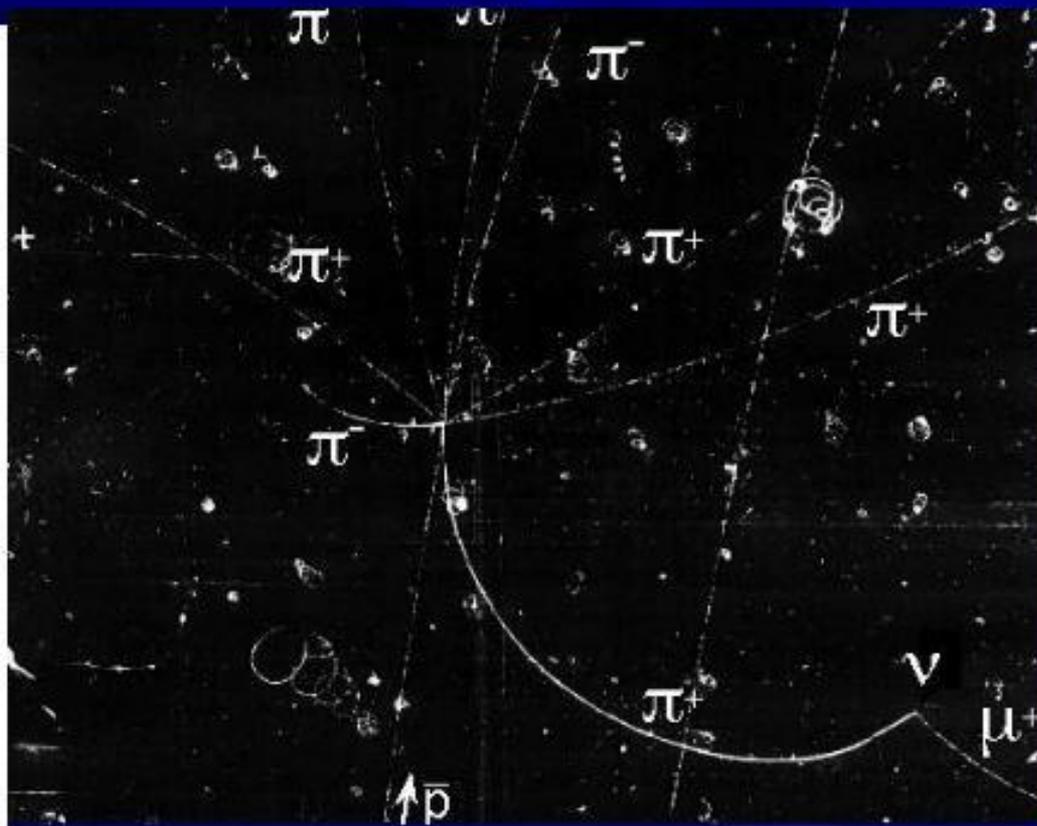


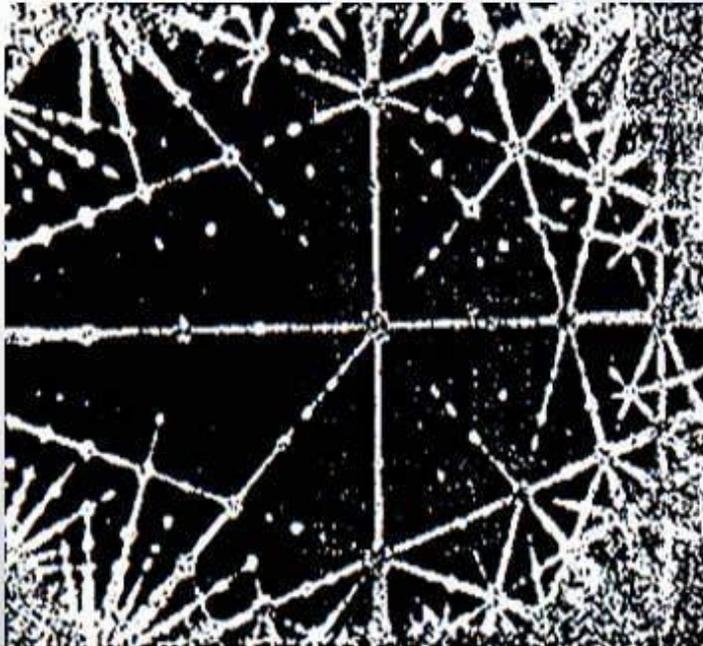
Рис. 19. Радиоактивное загрязнение эмульсии крупинкой соли радия.



Треки элементарных частиц в толстослойной фотоэмульсии

# Фотографические эмульсии

Метод толстослойных фотоэмульсий. 20-е гг. 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. 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.

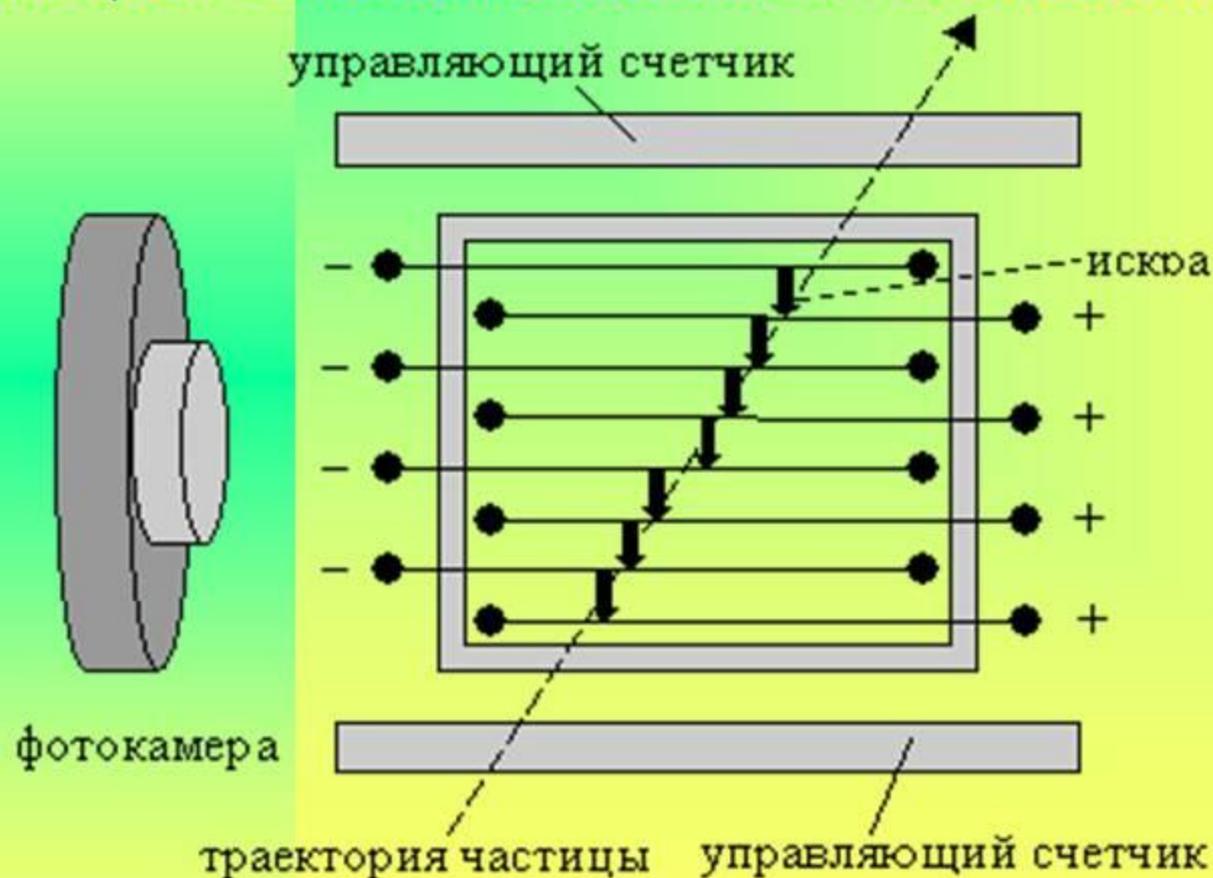
**Заряженные частицы создают скрытые изображения следа движения.**

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

**Фотоэмульсия имеет большую плотность, поэтому треки получаются короткими.**

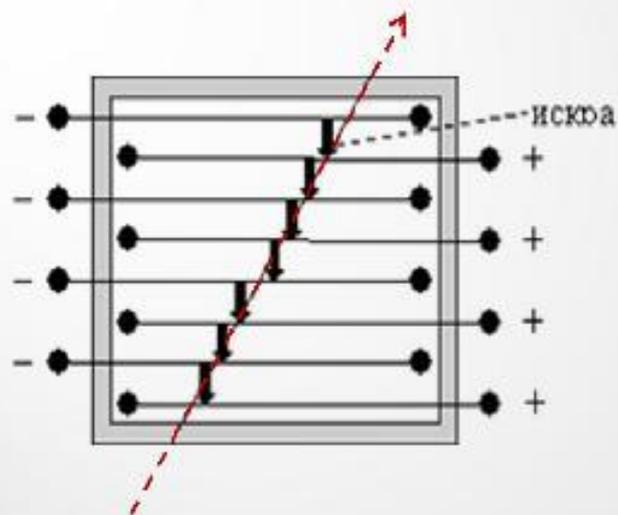
# Искровая камера

*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 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

# P-1189, 1190, 1192, 1195

③ Устно: P-1189, 1192, 1195.

P-1190 см

$$R = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$$

$$B = 8,5 \text{ мТл} = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

$m_e$ ;  $q_e^-$

$v = ?$

(Известна формула:  $R = \frac{mv}{q \cdot B}$  см)

$$v = \frac{R \cdot q_e \cdot B}{m_e} = \frac{0,04 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 8,5 \cdot 10^{-3}}{9,1 \cdot 10^{-31}} \text{ м/с}$$

$$\approx 0,06 \cdot 10^9 = 6 \cdot 10^7 \text{ м/с} = 60 \text{ Мм/с}$$

# Домашнее задание:

- § 86

- **Выполнить тест**

<https://videouroki.net/tests/mietody-nabliudieniia-i-rieghistratsii-elientarnykh-chastits.html>