

Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц



Методы регистрации

- 1) Счетчик Гейгера
- 2) Камера Вильсона
- 3) Пузырьковая камера
- 4) Метод толстослойных фотоэмульсий

Счетчик Гейгера



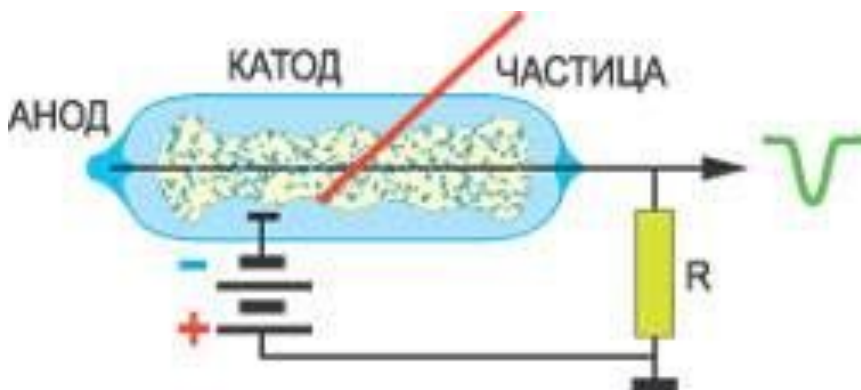
Счетчик Гейгера — один из важнейших приборов для автоматического счета частиц.

Принцип действия

Счетчик состоит из стеклянной трубки, покрытой изнутри металлическим слоем (катод), и тонкой металлической нити, идущей вдоль оси трубки (анод). Трубка заполняется газом, обычно аргоном.

Заряженная частица (электрон, α -частица и т.д.), пролетая в газе, отрывает от атомов электроны и создает положительные ионы и свободные электроны. Электрическое поле между анодом и катодом ускоряет электроны до энергий, при которых начинается ударная ионизация.

Возникает лавина ионов, и ток через счетчик резко возрастает. При этом на нагрузочном резисторе R образуется импульс напряжения, который подается в регистрирующее устройство.

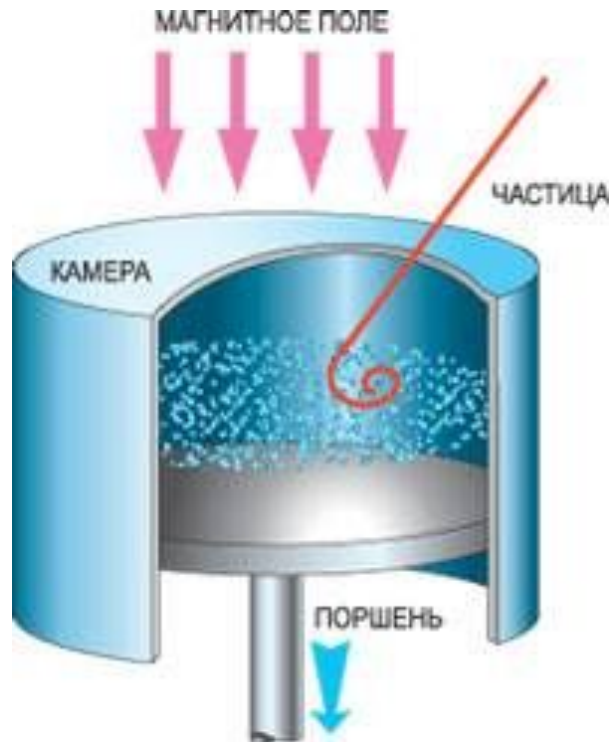




Особенности

- Для того чтобы счетчик мог регистрировать следующую попавшую в него частицу, лавинный разряд необходимо погасить. Это происходит автоматически.
- Счетчик регистрирует почти все попадающие в него электроны; что же касается γ -квантов, то он регистрирует приблизительно только один γ -квант из ста.
- Регистрация тяжелых частиц (например, α -частиц) затруднена, так как сложно сделать в счетчике достаточно тонкое «окошко», прозрачное для этих частиц.

Камера Вильсона



В камере же Вильсона, созданной в 1912 г., быстрая заряженная частица оставляет след, который можно наблюдать непосредственно или сфотографировать.

Этот прибор можно назвать «окном» в микромир, т. е. мир элементарных частиц и состоящих из них систем.



Принцип действия

- Камера Вильсона представляет собой герметически закрытый сосуд, заполненный парами воды или спирта, близкими к насыщению. При резком опускании поршня, вызванном уменьшением давления под поршнем, пар в камере расширяется.
- Вследствие этого происходит охлаждение, и пар становится пересыщенным. Это неустойчивое состояние пара: пар легко конденсируется. Центрами конденсации становятся ионы, которые образует в рабочем пространстве камеры пролетевшая частица. Если частица проникает в камеру непосредственно перед расширением или сразу после него, то на ее пути возникают капельки воды.
- Эти капельки образуют видимый след пролетевшей частицы — *трек*. Затем камера возвращается в исходное состояние и ионы удаляются электрическим полем. В зависимости от размеров камеры время восстановления рабочего режима колеблется от нескольких секунд до десятков минут.



Особенности

- По длине трека можно определить энергию частицы, а по числу капелек на единицу длины трека оценивается ее скорость.
- Чем длиннее трек частицы, тем больше ее энергия.
- А чем больше капелек воды образуется на единицу длины трека, тем меньше ее скорость.
- Частицы с большим зарядом оставляют трек большей толщины
- Камеру Вильсона можно поместить в однородное магнитное поле. Магнитное поле действует на движущуюся заряженную частицу с определенной силой. Эта сила искривляет траекторию частицы. Трек имеет тем большую кривизну, чем больше заряд частицы и чем меньше ее масса. По кривизне трека можно определить отношение заряда частицы ее массе.

Пузырьковая камера

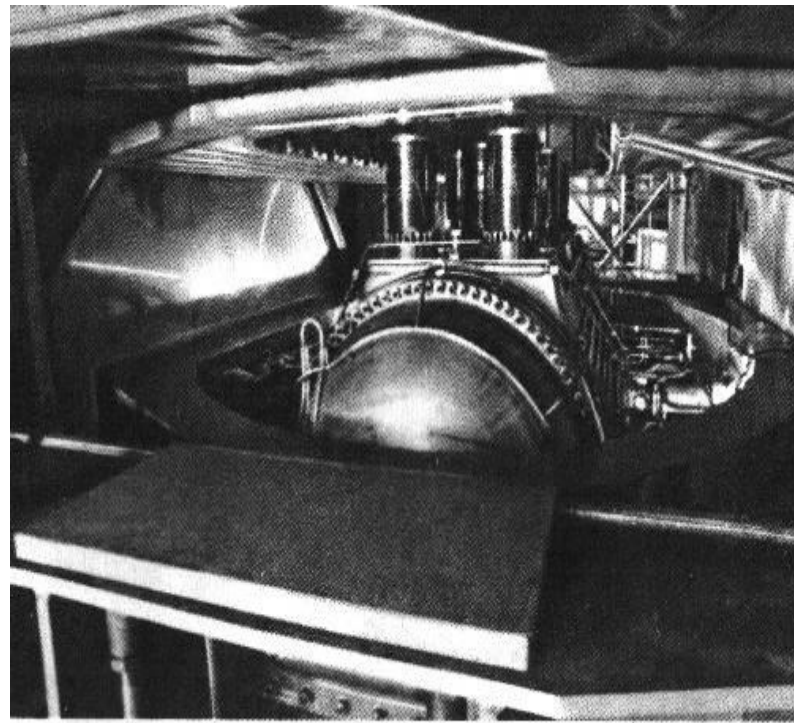


Рис. 16. Водородная камера «Мирабель».

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



Принцип действия

- В исходном состоянии жидкость в камере находится под высоким давлением, предохраняющим ее от закипания, несмотря на то что температура жидкости выше температуры кипения при атмосферном давлении.
- При резком понижении давления жидкость оказывается перегретой и в течение небольшого времени она будет находиться в неустойчивом состоянии.
- Заряженные частицы, пролетающие именно в это время, вызывают появление треков, состоящих из пузырьков пара. В качестве жидкостей используются главным образом жидкий водород и пропан.



Особенности

- Длительность рабочего цикла пузырьковой камеры невелика — около 0,1 с.
- Преимущество пузырьковой камеры перед камерой Вильсона обусловлено большей плотностью рабочего вещества. Пробеги частиц вследствие этого оказываются достаточно короткими, и частицы даже больших энергий застревают в камере.
- Это позволяет наблюдать серию последовательных превращений частицы и вызываемые ею реакции.

Метод толстослойных фотоэмульсий

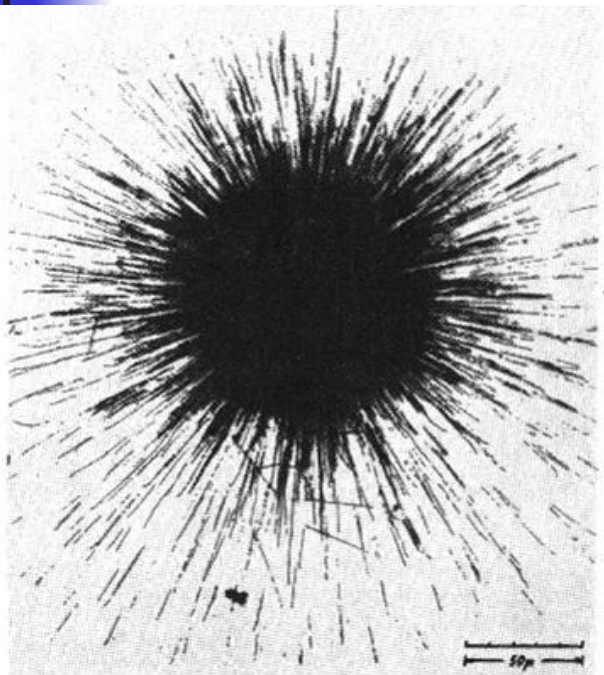
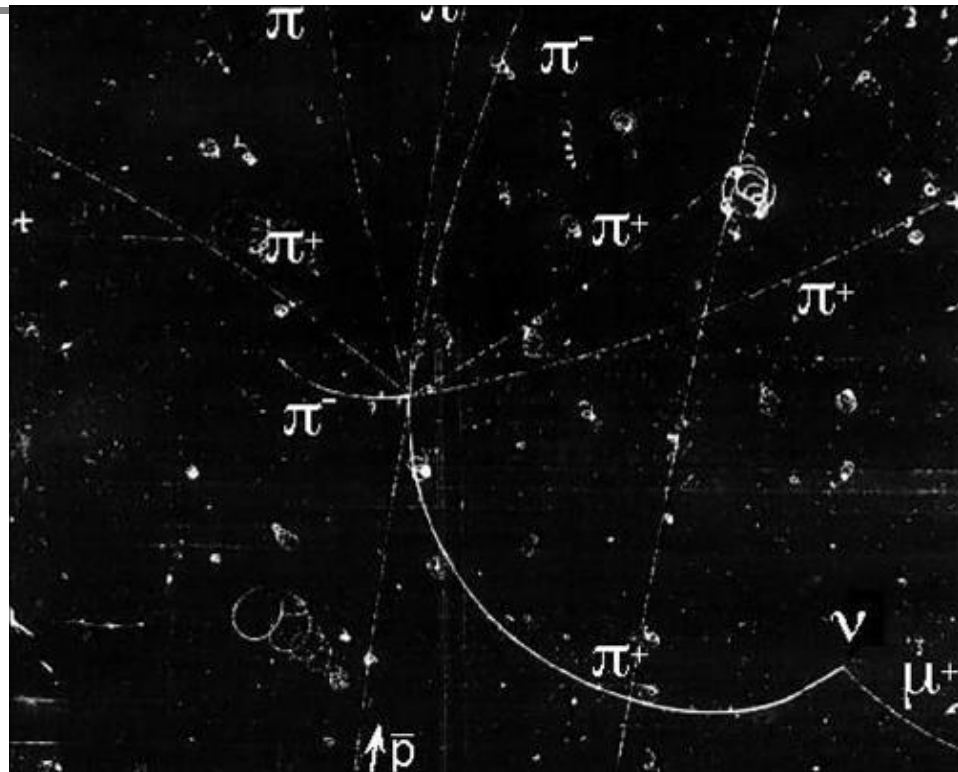


Рис. 19. Радиоактивное загрязнение эмульсии крупинкой соли радия.



Ионизирующее действие быстрых заряженных частиц на эмульсию фотопластинки позволило французскому физику А. Беккерелю открыть в 1896 г. радиоактивность. Метод был развит советскими физиками Л. В. Мысовским, А. П. Ждановым и др.



Принцип действия

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



Особенности

- Из-за большой плотности фотоэмульсии треки получаются очень короткими (порядка 10^{-3} см для α -частиц, испускаемых радиоактивными элементами), но при фотографировании их можно увеличить.
- Преимущество фотоэмульсий состоит в том, что время экспозиции может быть сколь угодно большим. Это позволяет регистрировать редкие явления.
- Важно и то, что благодаря большой тормозящей способности фотоэмульсий увеличивается число наблюдаемых интересных реакций между частицами и ядрами.