

***Методы наблюдения и  
регистрации  
элементарных  
частиц***

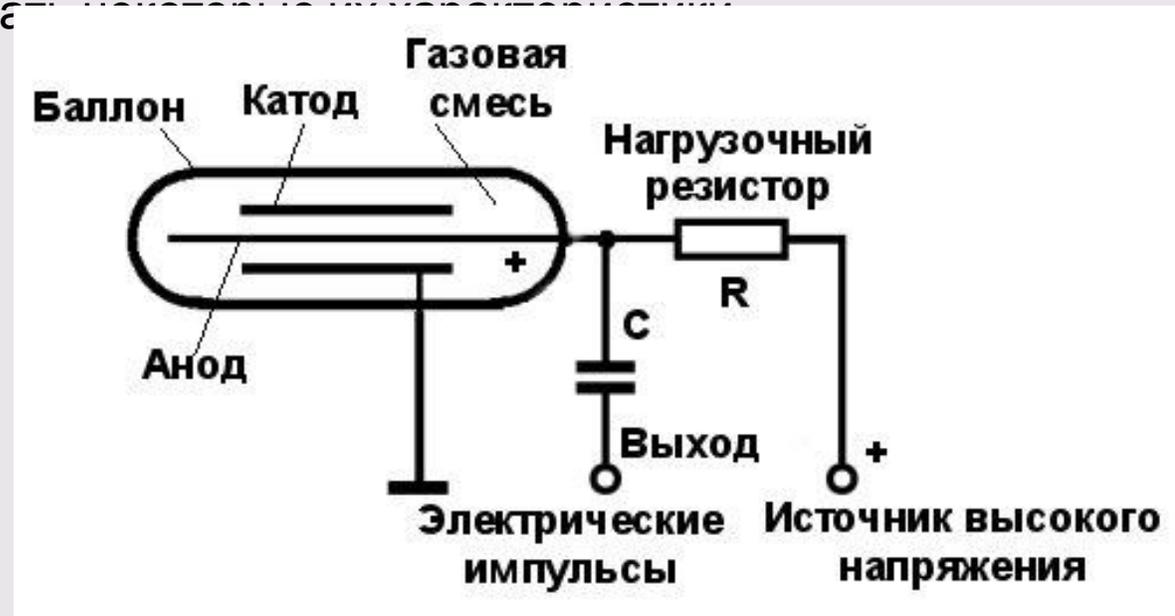
Мы знаем, что вещество состоит из молекул. Молекулы в свою очередь состоят из атомов. Атом состоит из ядра и электронов. Атомное ядро состоит из элементарных частиц - нейтронов и протонов. Электроны движутся вокруг ядра по своим орбитам. Количество электронов и протонов в атоме одинаково. Количество нуклонов равно сумме нейтронов и протонов, содержащихся в ядре атома. Если атом теряет электрон он становится положительным ионом, а тот атом, который получает дополнительный электрон становится отрицательным ионом.

Существуют различные способы и методы наблюдения и регистрации элементарных частиц. Для регистрации и изучения столкновений и взаимных превращений ядер и элементарных частиц используются различные регистрирующие устройства: счетчик Гейгера, пузырьковая камера, камера Вильсона. Данные устройства отличаются по своим основным характеристикам. Рассмотрим принцип их действия.

Прибор для регистрации процессов взаимодействия элементарных частиц — это сложная макроскопическая система, которая может находиться в неустойчивом состоянии. Пролетевшая внутри прибора частица вызывает небольшое возмущение, в результате которого начинается процесс перехода системы в новое, более устойчивое состояние. Этот процесс позволяет регистрировать частицу. Использование того или иного метода регистрации частиц зависит от целей и условий эксперимента

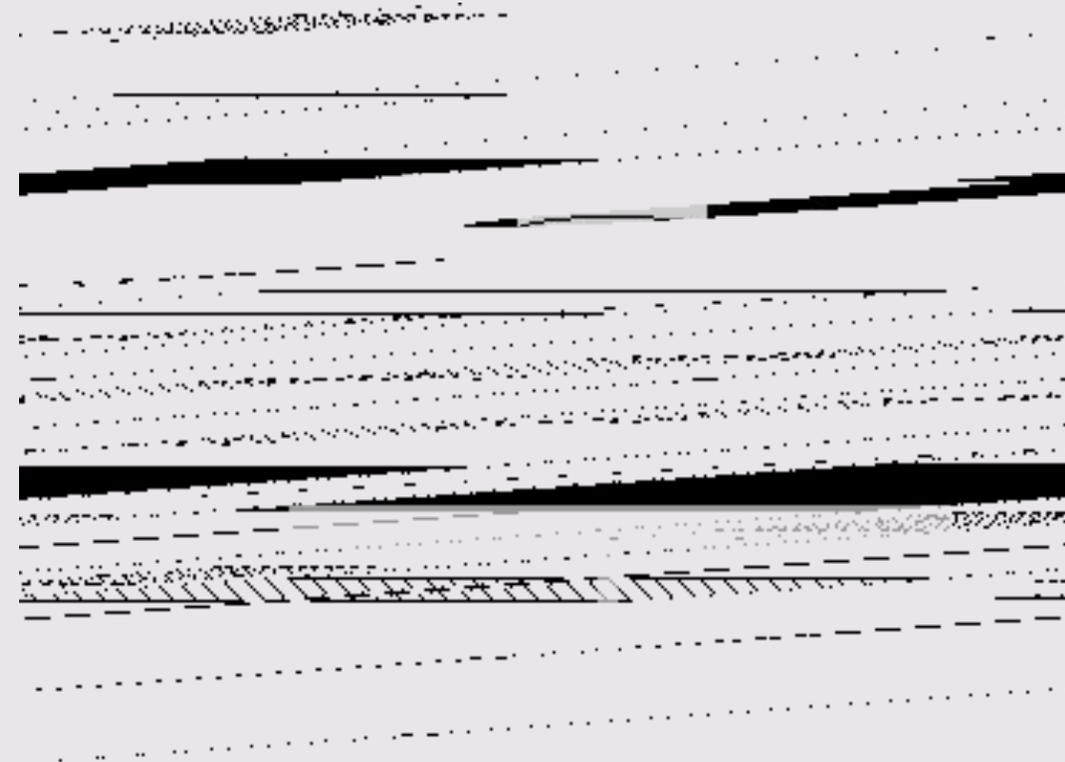
Для автоматического подсчета частиц предназначен газоразрядный счетчик Гейгера. Принцип действия счетчика основан на ударной ионизации.

Основной элемент счетчика - стеклянная трубка, покрытая изнутри металлическим слоем, внутри которой вдоль оси трубки проходит тонкая металлическая нить. Нить является анодом, а металлический слой катодом. Трубка заполняется газом, чаще всего аргоном. Электрическое поле между анодом и катодом, возникшее в результате подводимого к ним высокого напряжения, ускоряет электроны до энергий, при которых начинается ударная ионизация, т.е. возникает лавина ионов, и ток, проходящий через счетчик, резко возрастает. Одновременно на нагрузочном резисторе образуется импульс напряжения, который и подается в регистрирующее устройство. Затем лавинный разряд автоматически гасится, так как в момент появления импульса тока напряжение на нагрузочном резисторе быстро уменьшается, значит, и напряжение между анодом и катодом резко уменьшается. Разряд прекращается. Счетчик Гейгера применяется в основном для регистрации электронов и  $\gamma$ -квантов, а также для того, чтобы фиксировать



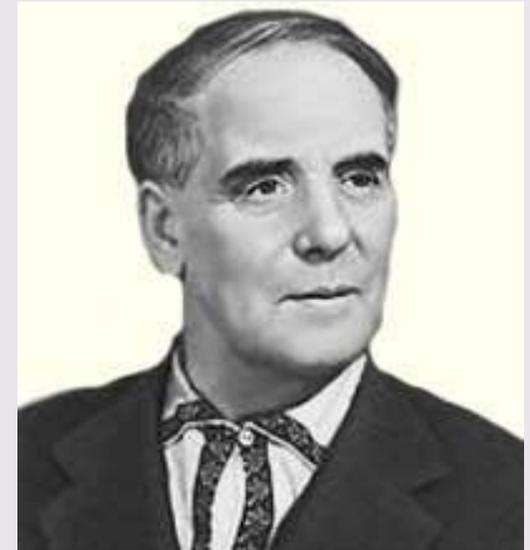
Для получения более полной характеристики частиц в 1912 году была создана Камера Вильсона. при помощи данного прибора можно наблюдать и фотографировать траекторию движения или след заряженной частицы.

Принцип действия камеры Вильсона основан на конденсации перенасыщенного пара на ионах с образованием капелек воды, создаваемых движущимися заряженными частицами вдоль своих траекторий. Камера Вильсона состоит из герметически закрытого сосуда с поршнем. Пар внутри камеры Вильсона богат парами воды или спирта и готов к насыщению. При уменьшении давления под поршнем, что вызывает резкое опускание поршня, происходит адиабатное расширение пара в камере. В результате происходит охлаждение, и пар становится перенасыщенным. Это состояние пара неустойчиво. Если в сосуде появляются центры конденсации, то пар начинает легко конденсироваться. В данном случае такими центрами конденсации становятся ионы, которые образует частица, пролетевшая в рабочем пространстве камеры. Частица, проникая в камеру сразу после расширения пара, встречает на своём пути



Затем камера возвращается в исходное состояние в результате сжатия поршня, и ионы удаляются электрическим полем. Время восстановления рабочего режима зависит от размеров камеры и может длиться от нескольких секунд до десятков минут. По рисунку трека можно получить дополнительную информацию, кроме той, что удаётся установить с помощью счетчиков Гейгера. Так по длине трека можно определить энергию частицы, а по числу капелек на единицу длины трека — 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.

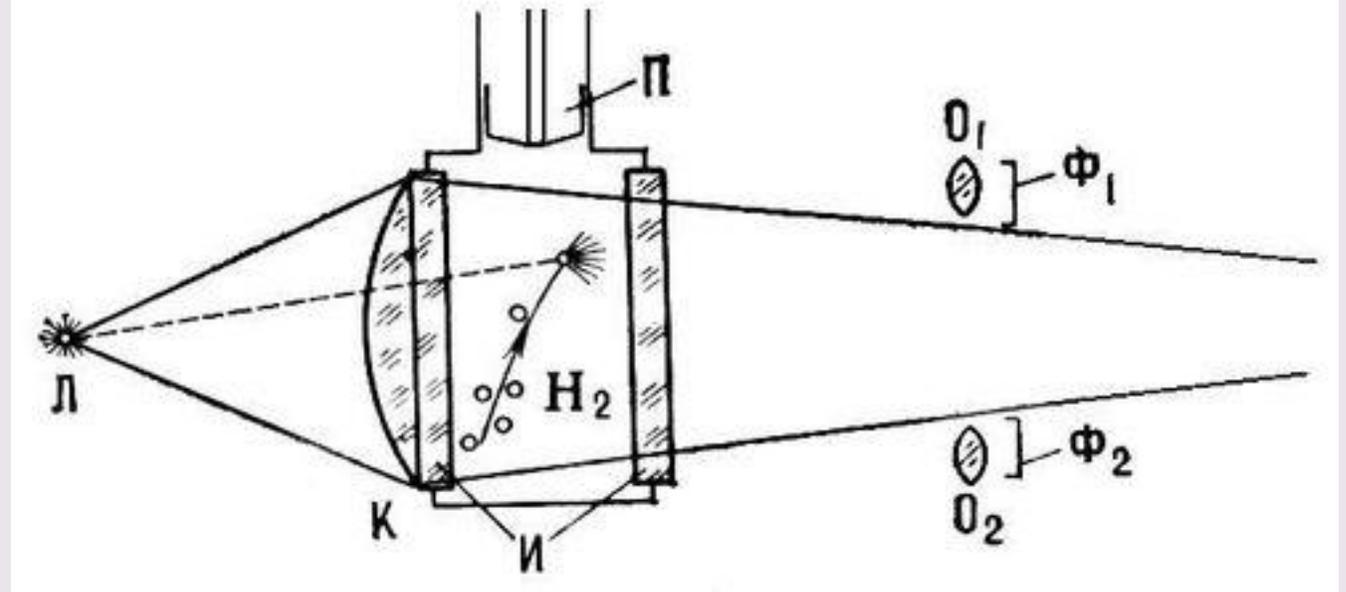
Советские физики Петр Леонидович Капица и Дмитрий Владимирович Скобельцын изменили ход работы камеры Вильсона, поместив её в однородное магнитное поле. В результате действия магнитного поля на движущуюся заряженную частицу с определенной силой (силой Лоренца) траектория частиц искривляется, при этом модуль ее скорости не меняется. По кривизне траектории можно определить массу и заряд частицы. Чем больше кривизна, тем больше заряд частицы и тем меньше ее масса. По кривизне трека можно определить отношение заряда частицы к ее массе. Если известна одна из этих величин, то можно вычислить другую.



Пузырьковая камера. В 1952 г. американский ученый Дональд Глейзер усовершенствовал Камеру Вильсона. Он использовал для обнаружения треков частиц перегретую жидкость. В такой жидкости на ионах (центрах парообразования), образующихся при движении быстрой заряженной частицы, появляются пузырьки пара, дающие видимый трек.

Такие камеры были названы пузырьковыми.

В начале эксперимента жидкость в камере находится под высоким давлением, что не дает ей закипеть несмотря на то, что температура жидкости несколько выше температуры кипения при нормальном атмосферном давлении. Например, для воды как вы знаете – это температура 100°C. 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, как показано на экране. В качестве жидкости используются главным образом жидкий водород и пропан. Длительность рабочего цикла пузырьковой камеры невелика — около



Преимущества пузырьковой камеры.

В пузырьковой камере, в отличие от камеры Вильсона, пробеги частиц оказываются достаточно короткими, из-за большой плотности рабочего вещества, и частицы даже больших энергий застревают в камере, что позволяет наблюдать серию последовательных превращений частицы и вызываемые ею реакции.

Треки являются одним из главных источников информации о поведении и свойствах частиц как в камере Вильсона, так и пузырьковой камере.

Для регистрации частиц также применяется метод толстослойных фотоэмульсий. Благодаря этому методу, французский физик Антуан Анри Беккерель в 1896 г. открыл радиоактивность, рассматривая ионизирующее действие быстрых заряженных частиц на эмульсию фотопластины.

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. Так как фотоэмульсия имеет большую плотность, то треки получаются очень короткими, но при фотографировании их можно увеличить.

Преимущество фотоэмульсий заключается в том, что время экспозиции может быть сколь угодно большим, что дает возможность регистрировать редкие явления. А также благодаря большой тормозящей способности фотоэмульсий

Современные приборы для обнаружения, регистрации и определения характеристик редко встречающихся и короткоживущих частиц очень сложны. В создании таких приборов принимают участие сотни людей.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**