Для дальнейшего развития ядерной физики (в частности, для исследования строения атомных ядер) необходимы были специальные устройства, с помощью которых можно было бы регистрировать ядра и различные частицы, а также изучать их взаимодействия.

Один из известных вам методов регистрации частиц - метод сцинтилляций - не даёт необходимой точности, так как результат подсчёта вспышек на экране в большой степени зависит от остроты зрения наблюдателя. Кроме того, длительное наблюдение оказывается невозможным, так как глаз быстро устаёт.

Более совершенным прибором для регистрации частиц является так называемый счётчик Гейгера, изобретённый в 1908 г. немецким физиком Гансом Гейгером.

Для рассмотрения устройства и принципа действия этого прибора обратимся к рисунку 159. Счётчик Гейгера состоит из металлического цилиндра, являющегося катодом (т.е. отрицательно заряженным электродом), и натянутой вдоль его оси тонкой проволочки - анода (т.е. положительного электрода). Катод и анод через сопротивление присоединены к источнику высокого напряжения (порядка 200- 1000 В), благодаря чему в пространстве между электродами возникает сильное электрическое поле. Оба электрода помещают в герметичную стеклянную трубку, заполненную разреженным газом (обычно аргоном).

Пока газ не ионизирован, ток в электрической цепи источника напряжения отсутствует. Если же в трубку сквозь её стенки влетает какая-нибудь частица, способная ионизировать атомы газа, то в трубке образуется некоторое количество электрон-ионных пар. Электроны и ионы начинают двигаться к соответствующим электродам.

Если напряжённость электрического поля достаточно велика, то электроны на длине свободного пробега (т.е. между соударениями с молекулами газа) приобретают достаточно большую энергию и тоже ионизируют атомы газа, образуя новое поколение ионов и электронов, которые тоже могут принять участие в ионизации, и т.д. В трубке образуется так называемая электронно-ионная лавина, в результате чего происходит кратковременное и резкое возрастание силы тока в цепи и напряжения на сопротивлении. Этот импульс напряжения, свидетельствующий о попадании в счётчик частицы, регистрируется специальным устройством.

Поскольку сопротивление очень велико (порядка 109 Ом), то в момент протекания тока основная доля напряжения источника падает именно на нём, в результате чего напряжение между катодом и анодом резко уменьшается и разряд автоматически прекращается (так как это напряжение становится недостаточным для образования новых поколений электронн­ионных пар). Прибор готов к регистрации следующей частицы.

Счётчик Гейгера применяется в основном для регистрации электронов, но существуют модели, пригодные и для регистрации квантов.

Счётчик позволяет только регистрировать тот факт, что через него пролетает частица. Гораздо большие возможности для изучения микромира даёт прибор, изобретённый шотландским физиком Чарлзом Вильсоном в 1912 г. и называемый камера Вильсона.

Камера Вильсона (рис. 160) состоит из невысокого стеклянного цилиндра со стеклянной крышкой (на рисунке цилиндр показан в разрезе). Внутри цилиндра может двигаться поршень. На дне камеры находится чёрная ткань. Благодаря тому что ткань увлажнена смесью воды с этиловым спиртом, воздух в камере насыщен парами этих жидкостей.

При быстром движении поршня вниз находящиеся в камере воздух и пары жидкостей расширяются, их внутренняя энергия уменьшается, температура понижается.

В обычных условиях это вызвало бы конденсацию паров (появление тумана). Однако в камере Вильсона этого не происходит, так как из неё предварительно удаляются так называемые ядра конденсации (пылинки, ионы и пр.). Поэтому в данном случае при понижении температуры в камере пары жидкостей становятся пересыщенными, т.е. переходят в крайне неустойчивое состояние, при котором они будут легко конденсироваться на любых образующихся в камере ядрах конденсации, например на ионах.

Изучаемые частицы впускаются в камеру через тонкое окошко (иногда источник частиц помещают внутри камеры). Пролетая с большой скоростью через газ, частицы создают на своём пути ионы. Эти ионы и становятся ядра­ ми конденсации, на которых пары жидкостей конденсируются в виде маленьких капелек (водяной пар конденсируется преимущественно на отрицательных ионах, пары этилового спирта - на положительных). Вдоль всего пути частицы возникает тонкий след из капелек (трек), благодаря чему её траектория движения становится видимой.

Если поместить камеру Вильсона в магнитное поле, то траектории заряженных частиц искривляются. По направлению изгиба следа можно судить о знаке заряда частицы, а по радиусу кривизны определять её массу, энергию, заряд.

Треки существуют в камере недолго, так как воздух нагревается, получая тепло от стенок камеры, и капельки испаряются. Чтобы получить новые следы, необходимо удалить имеющиеся ионы с помощью электрического поля, сжать воздух поршнем, выждать, пока воздух в камере, нагревшийся при сжатии, охладится, и произвести новое расширение.

Обычно треки частиц в камере Вильсона не только наблюдают, но и фотографируют. При этом камеру освещают сбоку мощным пучком световых лучей, как показано на рисунке 160.

С помощью камеры Вильсона был сделан ряд важнейших открытий в области ядерной физики и физики элементарных частиц.

Одной из разновидностей камеры Вильсона является изобретённая в 1952 г. пузырьковая камера. Она действует примерно по тому же принципу, что и камера Вильсона, но вместо пересыщенного пара в ней используется пере­ гретая выше точки кипения жидкость (например, жидкий водород). При движении в этой жидкости заряженной частицы вдоль её траектории образуется ряд пузырьков пара. Пузырьковая камера обладает большим быстродействием по сравнению с камерой Вильсона.