

Задача о методах наблюдения и регистрации элементарных частиц

Т.В. Харина

Имя задачи: Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц.

Автор: Харина Татьяна Владимировна, учитель физики средней школы № 45 г. Калининграда.

Предмет: Физика.

Класс: 11.

Профиль: Общеобразовательный.

Уровень: Общий.

Текст задачи.

Благодаря изобретению устройств для регистрации и изучения столкновений, взаимных превращений ядер и элементарных частиц, физика атомного ядра получила возможность стремительно развиваться. В основе действия таких приборов лежит идея использования макроскопической системы, находящейся в метастабильном состоянии, которая под действием заряженной частицы переходит в более устойчивое состояние, меняя при

этом свои свойства так, что это изменение можно зарегистрировать.

В каких экспериментальных методах регистрации заряженных частиц используется эта идея? Каковы основные конструктивные особенности, принципы действия и возможности соответствующих регистрирующих устройств?

а) Выделите ключевые слова для информационного поиска.

б) Найдите и соберите необходимую информацию.

в) Обсудите и проанализируйте собранную информацию.

г) Сделайте выводы.

д) Сравните свои выводы с предложенным образцом.

Возможные информационные источники

Книги:

Пинский А.А. Квантовая физика. М.: Просвещение, 1990.

Родина Н.А. Физика атомного ядра. М., 1976.

Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. Ч. 3. М.: Наука. 1975.

Жданов Л.С. Курс физики. Ч. 2. М.: Наука. 1979.

Интернет-ресурсы:

http://www.gelezo.com/home_electronics

<http://www.radioman.ru/sprav/1/geiger.php>

<http://www.cultinfo.ru>

<http://www.sduto.ru>

<http://www.krugosvet.ru>

<http://slovari.sosh.ru/slovo>

<http://ru.wikipedia>

<http://nauka.relis.ru>

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/experiment/detectors/wchamber.htm>

Культурный образец

Кабардин О.Ф. Физика: Учеб. пособие для учащихся, М.: Просвещение, 1985.

При помощи каких приборов и как физики получают информацию о ядре и элементарных частицах?

Приборы, с помощью которых регистрируются элементарные частицы и ядра, называются детекторами (обнаружителями). Условно их можно разделить на два типа: счётчики элементарных частиц и трековые регистраторы (трек — след частицы).

Газоразрядные счётчики (счётчики Гейгера-Мюллера)

Приборы, применяемые для регистрации ядерных излучений. Наиболее широкое применение получили счётчики, обнаруживающие ядерные излучения по производимой ими ионизации и возбуждению атомов вещества. Конструкция счётчика: корпусом служит цилиндрическая трубка, по оси которой натянута тонкая металлическая нить. Корпус трубки и нить разделены изолятором. Рабочий объём счётчика заполняется смесью газов (например аргоном с примесью метилового спирта, при $P = 0,1$ атмосферного). Действие счётчика основано на ударной ионизации (заряженная частица, пролетая в газе, отрывает от атомов электроны, образуя положительные ионы и свободные электроны).

Для регистрации ионизирующих частиц между корпусом и нитью прикладывается высокое постоянное напряжение (нить служит анодом). Пролетающая через рабочий объём быстрая заряженная частица на своём пути производит ударную ионизацию

атомов наполняющего газа. Под действием электрического поля свободные электроны движутся к аноду, положительные ионы к катоду. Напряжённость поля вблизи анода настолько велика, что электроны при приближении к нему между двумя соударениями с нейтральными атомами приобретают энергию, достаточную для их ионизации. В счётчике возникает кратковременный коронный разряд.

С включённого последовательно со счётчиком резистора на вход регистрирующего устройства поступает импульс напряжения. По показаниям электронного счётного устройства определяется число быстрых заряженных частиц, зарегистрированных счётчиком. Данные счётчики применяются в основном для регистрации электронов и гамма-квантов. Регистрация гамма-квантов основана на явлении фотоэффекта.

Сцинтилляционные счётчики (спинтарископы)

Приборы, применяемые для регистрации альфа-частиц. Конструкция: основными элементами являются экран, покрытый слоем сульфида цинка и короткофокусная лупа. Альфа-радиоактивный препарат помещают на конце стержня против середины экрана (на 1–2 мм). При попадании альфа-частицы в кристаллы сульфида цинка возникает вспышка света, которая регистрируется при наблюдении через лупу. Сцинтилляция — процесс преобразования кинетической энергии быстрой заряженной частицы в энергию световой вспышки (разновидность явления люминесценции).

В современных сцинтилляционных счётчиках регистрация световых вспышек производится с помощью

фотоэлементов, которые преобразуют энергию световой вспышки в кристалле в энергию импульса электрического тока. Импульсы тока на выходе фотоэлемента усиливаются и затем регистрируются.

Камера Вильсона

Прибор, позволяющий видеть и фотографировать следы пролетающих заряженных частиц.

Конструкция камеры: цилиндр, верхняя часть которого сделана из прозрачного материала. Внутри находится поршень, способный опускаться в нужный момент. В рабочем объеме камеры — смесь (воздух с насыщенными парами спирта). При быстром опускании поршня смесь адиабатически расширяется и охлаждается, пар переходит в состояние пересыщения. Таким образом, пар находится в неустойчивом состоянии (легко конденсируется). Если в этот момент в камере пролетает заряженная частица, оставляющая на своём пути (вследствие ионизации молекул воздуха) цепочку ионов, то на ионах происходит конденсация пара в капли жидкости. Эти капли образуют видимый след пролетевшей частицы, называемый треком.

При помощи камеры Вильсона можно изучать любые частицы, делать определённые заключения о природе частицы, величине её массы, заряда, энергии, скорости движения. Для выполнения более точных измерений физических характеристик регистрируемых частиц камеру помещают в постоянное магнитное поле.

Пузырьковая камера

Принцип действия: в камере находится жидкость при температуре,

близкой к температуре кипения под высоким давлением. Резким перемещением поршня давление в жидкости уменьшается до атмосферного, жидкость оказывается перегретой, т. е. в неустойчивом состоянии. Быстрые заряженные частицы, проходя через рабочий объём камеры, ионизируют на своём пути атомы жидкости. Эта энергия приводит к повышению температуры жидкости в микроскопическом объёме вблизи каждого иона, её вскипанию и образованию пузырьков пара.

Цепочка пузырьков пара, возникающих вдоль пути движения быстрой заряженной частицы через жидкость, образует след частицы — трек. Для наполнения пузырьковых камер используют жидкий водород, пропан, ксенон и другие жидкости. Плотность жидкости значительно выше плотности газа, поэтому в ней можно более эффективно изучать взаимодействие заряженных частиц с атомными ядрами.

Метод фотоэмульсий

Сущность метода заключается в использовании специальных фотоэмульсий для регистрации заряженных частиц. Пролетающая сквозь фотоэмульсию быстрая заряженная частица действует на зерна бромистого серебра и создаёт вдоль своего пути движения центры скрытого изображения. После проявления фотопластины наблюдается трек (изображение следов первичной частицы и всех заряженных частиц, возникающих в результате ядерных взаимодействий первичной частицы).

Преимущество метода в том, что с его помощью получают не исчезающие со временем следы частиц, кото-

рые могут тщательно изучаться. Дальнейшее усовершенствование фотометода привело к созданию эмульсий с различной чувствительностью для регистрации частиц с очень большой ионизирующей способностью (до 100 000 пар ионов на 1 см пути) и очень маленькой (50 ионных пар на 1 см). Так как фотоэмульсии имеют большую плотность, то в них регистрируются преимущественно частицы с большой энергией.

Методический комментарий

Цель — рассмотреть, как физики получают объективную информацию о таких объектах, как ядро и элементарные частицы, какие приборы и методы исследования позволяют это сделать.

В начале работы обобщаются знания учащихся об опытах Резерфорда, приведших к выводу о ядерной структуре атома. Обращается внимание на тот факт, что все экспериментальные методы ядерной физики — по существу развитие и совершенствование

метода Резерфорда: вещество облучается потоком частиц с большой кинетической энергией так, чтобы они проникли внутрь атома и осуществили взаимодействие с ядром. Рассеянные частицы регистрируются, и по характеру их взаимодействия судят о свойствах ядра. Если ядро радиоактивно, то регистрируются продукты распада ядра.

Так как современных методов исследования достаточно много, имеет смысл остановиться на тех, что традиционно изучаются в школе. Можно порекомендовать направляемый учителем выбор ключевых слов для информационного поиска.

Для заинтересованных учащихся имеется возможность ознакомиться с другими существующими методами исследования: пропорциональный счётчик, полупроводниковый детектор, ионизационная камера, искровая камера, стриммерная камера, дрейфовая камера, пропорциональная камера, калориметры (информация <http://nuclphys.sinp.msu.ru/experiment/index.html#det>).