

1. ПРИНЦИП РЕГИСТРАЦИИ НЕЙТРОНОВ

Нейтроны непосредственно не создают в детекторе ионных пар. Однако, взаимодействуя с веществом детектора, они вызывают разнообразные ядерные реакции с образованием заряженных частиц и γ -квантов. Это вторичное излучение можно зарегистрировать обычными детекторами, такими, как ионизационная камера, сцинтилляционный счетчик и др. Следовательно, детектор нейтронов представляет собой обычный детектор заряженного или γ -излучения, в который помещено вещество, интенсивно взаимодействующее с нейтронами. К главным критериям, по которым выбирается вещество для детектора нейтронов, относятся: тип реакции, сечение реакции и энергия вторичного излучения. Для детекторов нейтронов пригодны вещества с высоким сечением реакции. Разнообразие ядерных реакций, вызываемых нейтронами, и различная зависимость сечений реакций от энергии нейтронов обусловили появление большого количества детекторов нейтронов. Как правило, ядерная реакция на нейтронах, характеризующаяся высоким сечением для медленных нейтронов, имеет малое сечение для быстрых нейтронов, и наоборот. Так, сечение (n, α) -реакции на ^{10}B при энергии $E_0 = 0,025$ эВ равно 4010 барн, а в области быстрых нейтронов оно уменьшается до 0,2 барн. Сечение пороговой $(n, 2n)$ -реакции отлично от нуля только при энергиях нейтронов, превышающих пороговую. Поэтому потребовалось разработать детекторы для регистрации нейтронов в определенных областях энергий. В них используют такие вещества, которые избирательно реагируют с нейтронами именно в этих областях энергии нейтронов

Каждый из типов взаимодействия нейтронов с веществом, может служить основой метода регистрации нейтронов. Выбор того или иного типа взаимодействия определяется значением сечения (n, α) -реакции и свойствами частицы α . В детекторах нейтронов используют вещества, на ядрах которых идут реакции с испусканием заряженных частиц (протон, α -частица и др.) радиационный захват нейтронов и активация вещества.

В зависимости от энергии нейтронов для их регистрации используются разные методы. Так, регистрация нейтронов с энергиями $E_n > 10$ МэВ осуществляется с использованием их взаимодействий с ядрами углерода (в углеродсодержащих соединениях). Регистрация нейтронов с энергиями от $0.1 < E_n < 10$ МэВ происходит путем их рассеяния в водородо-содержащих средах с последующей регистрацией протонов отдачи. Регистрация нейтронов с $E_n < 0.1$ МэВ производится или путем их замедления до $E_n = 0.5$ кэВ с последующей регистрацией продуктов реакции $n+p \rightarrow d+\gamma$ или путем их более сильного замедления до тепловых энергий.

Нейтронные детекторы - приборы для регистрации нейтронов.

Действие нейтронных детекторов основано на регистрации вторичных частиц, образующихся в результате взаимодействия нейтронов с атомными ядрами. Для регистрации медленных нейтронов используются ядерные реакции расщепления лёгких ядер под действием нейтронов [$^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$, $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$ и $^3\text{He}(n, p)^1\text{H}$] с регистрацией α -частиц и протонов; деления тяжёлых ядер с регистрацией осколков деления; радиационный захват нейтронов ядрами (n, γ) с регистрацией γ -квантов, а также возбуждения искусственной радиоактивности. Для регистрации α -частиц, протонов и осколков деления применяются ионизационные камеры и пропорциональные счётчики, которые заполняют газообразным BF_3 и др. газами, содержащими В или ^3H , либо покрывают их стенки тонким слоем твёрдых В, Li или делящихся веществ. Конструкция и размеры таких камер и счётчиков разнообразны. Пропорциональные счётчики могут достигать 50 мм в диаметре и 2 м длины. Наибольшей эффективностью к тепловым нейтронам обладают нейтронные детекторы, содержащие ^{10}B или ^3He . Для регистрации медленных нейтронов используются также сцинтилляционные счётчики (на кристаллах LiI с примесью Eu, на сцинтиллирующих литиевых стеклах, либо смеси борсодержащих веществ и сцинтиллятора ZnS).

Эффективность регистрации быстрых нейтронов перечисленными детекторами в сотни раз меньше, поэтому быстрые нейтроны предварительно замедляют в парафиновом блоке, окружающем нейтронный детектор. Специально подобранные форма и размеры блоков позволяют получить практически постоянную эффективность регистрации нейтронов в диапазоне энергии от нескольких кэВ до 20 МэВ (всеволновой счётчик). При непосредственном детектировании нейтронов с энергиями ~ 100 кэВ обычно используется упругое рассеяние нейтронов в водороде или гелии или регистрируются ядра отдачи. Так как энергия последних зависит от энергии нейтронов, то такие нейтронные детекторы позволяют измерять энергетический спектр нейтронов. Сцинтилляционные нейтронные детекторы также могут регистрировать быстрые нейтроны по протонам отдачи в органических и водородсодержащих жидких сцинтилляторах. Некоторые тяжёлые ядра, например ^{238}U и ^{232}Th , делятся только под действием быстрых нейтронов. Это позволяет создавать пороговые детекторы, служащие для регистрации быстрых нейтронов на фоне тепловых.

Для регистрации продуктов ядерных реакций нейтронов с ядрами В и Li, протонов отдачи и осколков деления используются также ядерные фотографические эмульсии. Этот метод особенно удобен в дозиметрии, так как позволяет определить суммарное число нейтронов за время облучения. При делении ядер энергия осколков столь велика, что они производят заметные механические разрушения. На этом основан один из

способов их обнаружения: осколки деления замедляются в стекле, которое затем травится плавиковой кислотой; в результате следы осколков можно наблюдать под микроскопом.

Возбуждение искусственной радиоактивности под действием нейтронов используется для регистрации нейтронов, особенно при измерениях плотности потока нейтронов, так как число распадов (активность) пропорционально потоку нейтронов, прошедшему через вещество (измерение активности можно производить после прекращения облучения нейтронами). Существует большое количество различных изотопов, применяемых в качестве радиоактивных индикаторов нейтронов разных энергий E . В тепловой области энергий наибольшее распространение имеют ^{55}Mn , ^{107}Ag , ^{197}Au : для регистрации резонансных нейтронов применяют ^{55}Mn ($E = 300$ эВ), ^{59}Co ($E = 100$ эВ), ^{103}Rh , ^{115}In ($E = 1,5$ эВ), ^{127}I ($E = 35$ эВ), ^{107}Ag , ^{197}Au ($E = 5$ эВ). В области больших энергий используют пороговые детекторы ^{12}C ($E = 20$ МэВ), ^{32}S ($E = 0,9$ МэВ) и ^{63}Cu ($E = 10$ МэВ).