



# НЕЙТРОННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

Авторы: А. В. Стрелков

---

НЕЙТРОННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ, приборы для регистрации потока нейтронов, а также отд. нейтронов. Нейтрон не имеет электр. заряда и не может непосредственно ионизировать или возбуждать атомы. Поэтому Н. д. всегда содержат некоторое вещество (называемое радиатором или конвертером), ядра которого при взаимодействии с нейтроном порождают заряженные частицы или  $\gamma$ -кванты, которые затем детектируются традиц. методами регистрации ионизирующего излучения (см. [Детекторы частиц](#)). В Н. д. используются разл. виды взаимодействий нейтронов с ядрами радиатора: упругое рассеяние нейтронов, ядерные реакции захвата нейтрона и деления тяжёлых ядер.

При упругом рассеянии нейтроны передают свою кинетич. энергию ядрам радиатора. Эти т. н. ядра отдачи регистрируются чаще всего газоразрядными детекторами, наполненными

$\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  или

$\text{He}$  до давления 1–5 атм. Эффективность таких Н. д. составляет 0,01–1,0% для нейтронов с энергией

$\varepsilon = 0,01\text{--}20$  МэВ. Для нейтронов высоких энергий, образующих ядра отдачи с большим пробегом, применяются детекторы с твёрдыми или жидкими водородосодержащими сцинтилляторами.

Для регистрации медленных нейтронов с

$\varepsilon < 1$  эВ используются ядерные реакции захвата нейтронов ядрами радиатора (

$\text{He}_3$ ,  $\text{Li}_6$  и

$\text{B}_{10}$ ) с последующим вылетом заряженных частиц. Вещество радиатора либо заполняет газоразрядный детектор (при использовании

$\text{He}_3$  или газового соединения

$B_{10}$ ), либо наносится на его внутр. поверхность (

$Li_6$  или

$B_{10}$ ). Эффективность детектора, заполненного

$He_3$ , для тепловых нейтронов с

$\varepsilon \approx 0,025$  эВ близка к 100%. С увеличением энергии нейтрона эффективность такого

Н. д. падает, поэтому для регистрации быстрых нейтронов детектор окружают слоем

водородосодержащего вещества, в котором быстрые нейтроны предварительно

замедляются.

Если радиаторами служат изотопы урана и трансураниевых элементов, то

взаимодействие с нейтронами приводит к делению ядер с образованием двух

разлетающихся осколков большой энергии (ок. 80 МэВ на осколок). Ионизация,

вызванная осколками, создаёт электр. импульс в 50–100 раз больший, чем импульс,

созданный частицами, вылетающими из борных и литиевых Н. д. Для детектирования

медленных нейтронов радиаторами служат ядра

$U_{233}$ ,  $U_{235}$ ,  $Pu_{239}$ , для быстрых нейтронов с

$\varepsilon > 1$  МэВ применяют

$U_{236}$ ,  $U_{238}$ ,  $Th_{232}$ . Осколки регистрируют при помощи ионизационной камеры, внутр.

поверхность которой покрывают тонким слоем радиатора. Т. к. пробег осколков в

радиаторе очень мал, эффективность таких Н. д. для регистрации тепловых

нейтронов составляет менее 0,1%, а для быстрых нейтронов 0,01–0,001%.

Ионизационные камеры практически нечувствительны к

$\gamma$ -излучению и широко используются в системах управления ядерными реакторами.

Захват нейтронов стабильными ядрами сопровождается испусканием

$\gamma$ -квантов (с энергией 1–10 МэВ), которые регистрируются сцинтилляционным

детектором. Н. д. такого типа с радиаторами из РЗЭ применяются для регистрации

нейтронов с энергией до 10 кэВ и длительностью импульса  $10^{-6}$ – $10^{-7}$  с.

Эффективность таких Н. д. составляет ок. 30%.

Ещё одним методом детектирования нейтронов является т. н. метод радиоактивных

индикаторов. В этом методе захват нейтронов ядрами радиатора (в данном случае его

называют индикатором) приводит к образованию

$\beta$ -активных ядер. Если период полураспада

$\beta$ -активных ядер больше времени облучения индикатора нейтронами, то по величине  $\beta$ -активности индикатора можно определить количество нейтронов, попавших в индикатор за время облучения. Для регистрации медленных нейтронов используются индикаторы из

Ag, Au, In, для быстрых нейтронов – из

Ni, Cu. Этот метод применим для точных измерений нейтронных потоков и пространственного распределения нейтронных полей в широком диапазоне энергий нейтронов.

Детектирование очень медленных, т. н. ультрахолодных, нейтронов с

$\varepsilon < 2 \cdot 10^{-7}$  эВ затруднено тем, что такие нейтроны полностью отражаются от поверхности вещества радиатора и не могут вступать в ядерные реакции. Для преодоления энергетич. барьера радиатора ультрахолодные нейтроны предварительно ускоряют (механич. ударом о движущуюся поверхность, гравитац. полем Земли, градиентом магнитного поля либо с помощью неупругого рассеяния на лёгких ядрах). Это позволяет с эффективностью ок. 90% регистрировать нейтроны миним. энергии (т. е. практически «стоячие» нейтроны).

Детектирование нейтронов сверхвысоких энергий с

$\varepsilon > 1$  ГэВ с эффективностью ок. 100% осуществляется т. н. адронным калориметром. В нём радиатором служат массивные пластины из свинца или железа, в которых происходит множественное рождение лёгких адронов, в основном  $\pi$ -мезонов. Суммарная потеря энергии этих вторичных частиц в калориметре пропорциональна энергии регистрируемого нейтрона. Поскольку сигналы, поступающие от калориметра при попадании в него нейтрона или протона, практически неразличимы, идентификация нейтрона происходит по срабатыванию схемы антисовпадений калориметра с установленным перед ним детектором заряженных частиц (сцинтиллятор, пропорциональная камера и т. д.).

Н. д. применяются в ядерно-физич. исследованиях и имеют практич. приложение (напр., в нейтронном каротаже, нейтронографии, неразрушающем контроле).

# Литература

Лит.: Экспериментальная ядерная физика / Под ред. Э. Сегре. М., 1955. Т. 2; Low energy neutrons and their interaction with nuclei and matter. В., 2000. Pt. 1.

Processing math: 100%