

7. КАМЕРА ДЕЛЕНИЯ

Камера деления - это специальная модификация ионизационной камеры, предназначенная для регистрации нейтронов. В камерах деления используется реакция деления (n, f). Внутреннюю поверхность такой ионизационной камеры покрывают тонким слоем делящегося вещества (^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu , ^{232}Th).

Импульсы от высокоэнергетичных осколков деления вызывают большую ионизацию в газе камеры и соответственно имеют большую амплитуду. Однако эффективность регистрации в однослойной камере деления даже для тепловых нейтронов невелика (доли процента) и камеры деления часто делают многослойными.

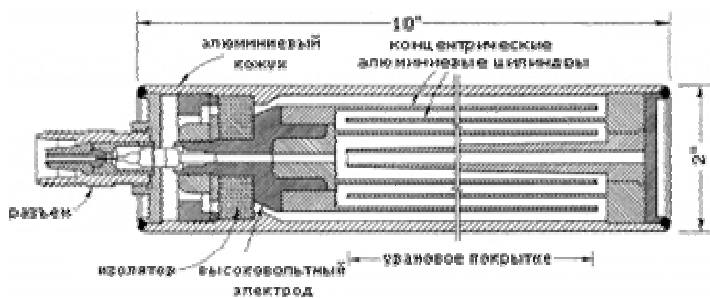


Рис. 10. Схема камеры деления. Размеры камер деления могут быть в несколько раз меньше, чем на рисунке

Процесс деления тяжелых ядер служит основой одного из методов измерения нейтронов. При делении ядра образуются осколки деления с суммарной кинетической энергией около 165 МэВ. Осколки

деления пересыщены нейтронами, поэтому они β^- -активны. Принципы регистрации нейтронов, построенных на явлении деления, основываются либо на измерении ионизационного эффекта от осколков деления, либо на измерении β^- -активности осколков. Приборы, регистрирующие эффект ионизации осколков, называют ионизационными камерами деления или, кратко, камерами деления.

Газообразные соединения делящихся материалов - очень плохие наполнители ионизационных камер вследствие большой вероятности образования тяжелых отрицательных ионов. Поэтому делящимся веществом покрывают поверхность электродов, а камеру наполняют инертными электроположительными газами, например аргоном.

Изотопы ^{233}U , ^{235}U и ^{239}Pu делятся под действием нейтронов любой энергии. Для изотопов ^{232}Th , ^{238}U , ^{232}Pa , ^{237}Np , ^{209}Bi реакция деления начинается с некоторой пороговой энергии (**Табл. 2**).

Табл. 2. Эффективные пороговые энергии деления некоторых изотопов

Изотоп	^{237}Np	^{232}Pa	^{238}U	^{232}Th	^{209}Bi
$E_{\text{пор}}$, МэВ	0,75	0,5	1,45	1,75	50

Сечение σ_f пороговой (n, b)-реакции резко увеличивается с ростом энергии и при эффективных порогах становится почти постоянным. Пороговыми детекторами регистрируют в основном быстрые нейтроны с энергией выше эффективного порога. Камеры деления, в которые вводят вещества с порогом деления по энергии нейтронов, называют пороговыми камерами деления. Их применяют для измерения потоков быстрых нейтронов.

Камеры деления всех типов обычно работают в импульсном режиме. Такой режим работы позволяет путем амплитудной дискриминации исключить γ -фон, так как импульс от осколка деления во много раз превосходит по амплитуде импульс от γ -кванта. Таким образом, камерой деления можно измерять потоки нейтронов на фоне многократно превосходящих их потоков γ -излучения.

Вследствие большой массы и заряда осколки деления имеют очень малый пробег в твердом веществе. Осколки выходят в газовый объем камеры только из слоя, толщиной равного пробегу. Это условие выполняется, если слой делящегося вещества, вводимого в камеру, не превышает 2 мг/см^2 .

Для увеличения эффективности камеры деления желательно ввести в нее как можно больше делящегося вещества. С этой целью в камеру помещают несколько слоев делящегося вещества, разделенных газовыми промежутками. Например, в стальном цилиндрическом корпусе на изоляторах укрепляют друг под другом диски из алюминия с нанесенным на них слоем делящегося вещества. Диски соединяют через один, в результате чего получают систему последовательных плоских ионизационных камер. Через вакуумные изоляторы к электродам камеры подводят высокое напряжение. Эффективность регистрации нейтронов такой камеры деления определяют по формуле:

$$\varepsilon = 1 - e^{-\sigma_f N \delta m}, \quad (22)$$

где N — плотность ядер делящегося вещества в слое, ядер/см²; σ_f - сечение деления, см²; δ - толщина слоя делящегося вещества, см; m - число слоев делящегося вещества в камере деления.

Эффективность камеры деления к тепловым нейтронам достигает почти 100%. Так как сечение деления уменьшается с увеличением энергии нейтронов, то уменьшается и эффективность камеры деления для быстрых и промежуточных нейтронов. Камерой деления измеряют потоки тепловых нейтронов в интервале от 10 до 10^5 нейтрон/(см²·сек) при фоне γ -излучения до 10^{10} квант/(см²·сек).

Делящиеся изотопы α -активны. Наличие α -активности определяет физический предел количества делящегося вещества, которое можно ввести в камеру деления. При большом количестве делящегося вещества в камере его α -активность становится настолько большой, что в камере деления регистрируется одновременно несколько α -частиц. Происходит наложение ионизационных эффектов от этих α -частиц, в результате чего на нагрузочном сопротивлении возникает суммарный импульс, амплитуда которого сравнима с амплитудой импульса от осколка деления. При большом числе таких α -наложений измерение потоков нейтронов становится невозможным. Эффект α -наложений проявляется в камерах с изотопами ^{233}U , ^{235}U и ^{239}Pu . Это объясняется тем, что даже при небольших количествах данные изотопы обладают значительной α -активностью.

Камеры деления применяют для измерения распределений потоков тепловых и быстрых нейтронов в различных средах. Вследствие своей слабой чувствительности к γ -излучению камеры деления незаменимы в системах управления ядерными реакторами. Особенно ценны камеры деления для контроля уровня мощности при включении и выключении ядерного реактора. В эти интервалы времени потоки γ -квантов в ядерном реакторе намного превосходят потоки нейтронов. Другие детекторы нейтронов более чувствительны к γ -квантам и непригодны для контроля изменения потока нейтронов в условиях сильного γ -фона. В такие ответственные периоды работы ядерного реактора они будут регистрировать в основном только γ -кванты. Вследствие этого с их помощью трудно уловить изменение потока нейтронов и развитие цепного процесса остается неконтролируемым.