

Для определения содержания мезотория, находящегося в смеси с радием, используется методика, приведенная в работе К. К. Аглинцева*.

Для наиболее часто встречающегося случая, которому соответствует отношение $A/B = 2/3$, выражение (1) можно представить в виде

$$N_t = N_0(1 + 2,02\eta t), \quad (2)$$

где

$$\eta t = \frac{\lambda_p}{\lambda_\mu - \lambda_p} (e^{-\lambda_\mu t} - e^{-\lambda_p t}).$$

* К. К. А г л и н ц е в. Дозиметрия ионизирующих излучений. М.—Л., Гостехтеориздат, 1950.

На рисунке приводится зависимость $\eta t = f(t)$ для интервала времени 0 — 25 лет.

Полученная зависимость в течение шести лет несколько раз проверялась экспериментально на источнике, содержащем 40% мезотория и 60% радия. Расхождение между расчетными и экспериментальными данными во всех случаях не превышало 3%.

Авторы выражают благодарность О. И. Лейпунскому за внимание к работе, а также Л. Б. Пикельнеру и Е. С. Фриду за ценные замечания, высказанные при обсуждении работы.

Поступило в Редакцию 17/III 1965 г.

Измерение отношения сечений захвата и деления U^{238} методом γ -спектрометрии

Л. Н. ЮРОВА, А. В. БУШУЕВ

УДК 539.172.4; 539.17.02

Отношение сечения захвата нейтронов к сечению деления U^{238} — важный параметр, характеризующий ядерно-физические свойства указанного изотопа в определенных условиях. Захват нейтрона ядром U^{238} вызывает цепочку радиоактивных превращений. По интенсивности радиоактивного излучения промежуточных членов цепочки U^{239} или Np^{239} , испускающих β - и γ -лучи, можно судить о величине сечения захвата. В работе [1] показано, что измерения с γ -излучением более предпочтительны. Их можно проводить либо с единственной γ -линией U^{239} $E_\gamma = 74$ кэв, либо с наиболее интенсивной линией Np^{239} $E_\gamma = 106$ кэв.

Сечение реакции деления U^{238} можно оценить по γ -излучению La^{140} с энергией 1,6 Мэв [2]. Скорость распада La^{140} определяется периодом полураспада материнского изотопа Ba^{140} , равным 12,8 дня. Через 4—5 дней после облучения фотофикс 1,6 Мэв четко выделяется из γ -спектра других осколков деления. Таким образом, измерение отношения сечений захвата и деления U^{238} может быть сведено к определению относительной интенсивности двух линий в γ -спектре облученного в реакторе образца. Одна из линий принадлежит изотопу, образующемуся при захвате (U^{239} или Np^{239}), а другая — осколку деления (La^{140}). Измеренное отношение интенсивностей I_{01}/I_{02} позволяет определить отношение сечений захвата и деления U^{238} согласно формуле

$$\frac{\sigma_c(U^{238})}{\sigma_f(U^{238})} = \frac{I_{01}(1 - e^{-\lambda_2 t}) a_2 \mu_{\Phi 2} p_2 g_2 l}{I_{02}(1 - e^{-\lambda_1 t}) a_1 \mu_{\Phi 1} p_1 g_1}, \quad (1)$$

где I_{01} и I_{02} — интенсивности исследуемых γ -линий в момент окончания облучения; a_1 и a_2 — абсолютные выходы этих линий (количество квантов на распад); λ_1 и λ_2 — постоянные распада исследуемых изотопов (Np^{239} и La^{140}); t — время облучения l — вероятность образования ядра La^{140} при делении U^{238} ; $\mu_{\Phi 1} p_1$ и $\mu_{\Phi 2} p_2$ — фотоэффективность спектрометра по отношению к исследуемым излучениям ($E_{\gamma 1} = 106$ кэв, $E_{\gamma 2} = 1,6$ Мэв), определяемая как отношение числа квантов, зарегистрированных в фотофиксе, к полному числу квантов, попавших в детектор (для γ -лучей

U^{239} и Np^{239} $\mu_{\Phi 1} p_1 = 1$); g_1 и g_2 — коэффициенты, учитывающие поглощение исследуемых излучений в образце. Поглощением в тонком образце жесткого γ -излучения La^{140} можно пренебречь, поэтому $g_2 = 1$.

Для того чтобы по формуле (1) определить отношение сечений, необходимы следующие данные:

1. Абсолютные выходы обеих γ -линий. Согласно данным, содержащимся в работе [3], абсолютный выход линии 1,6 Мэв равен 0,94 кванта; по данным работ [4, 5] абсолютные выходы линий с $E_\gamma = 74$ кэв U^{239} и $E_\gamma = 106$ кэв Np^{239} составляют соответственно $43,5 \pm 3,0\%$ и $50,4 \pm 2,5\%$.

2. Вероятность образования La^{140} . При делении U^{238} она равна $5,8 \pm 0,4\%$.

3. Фотоэффективность γ -спектрометра. Она зависит от свойств детектора (размеров, состава) и геометрии опыта. Использувавшаяся в настоящей работе измерительная установка состояла из сцинтилляционного спектрометра с кристаллом NaJ(Tl) и 100-канального амплитудного анализатора импульсов. Зависимость фотоэффективности спектрометра от энергии γ -излучения была исследована путем измерений с набором калибровочных источников (Cs^{137} , Au^{198} , Hg^{203} , $Ce^{144} + Pr^{144}$, Na^{22}) методом, описанным в работе [6]. По результатам измерений была определена фотоэффективность при $E_\gamma = 1,6$ Мэв. Поглощение мягкого γ -излучения Np^{239} в образце толщиной 4,7 мг/мм² найдено при измерениях с набором образцов различной толщины.

Таким образом, были определены все параметры, необходимые для расчета отношения сечений по формуле (1). Точность, с которой известны некоторые из них (a_1, l), в настоящее время невысока, однако по мере накопления новых данных о параметрах точность предложенного метода будет возрастать.

Другой метод определения отношения $\frac{\sigma_c(U^{238})}{\sigma_f(U^{238})}$ связан с предварительной градуировкой используемого в измерениях образца в тепловом потоке. Следует учесть, что La^{140} во время градуировочного облучения образуется при делении только U^{235} . Облучив затем образец в исследуемом потоке нейтронов, можно оценить отношение сечений захвата и деления U^{238} .

использовавшихся соотношением

$$\frac{\sigma_c(U^{238})}{\sigma_f(U^{238})} = \frac{\sigma_c^{th}(U^{238})}{\sigma_f^{th}(U^{235})} \cdot \frac{I_{01}}{I_{02}} \cdot \frac{I'_{02}}{I'_{01}} \cdot \frac{1-k}{k} \times \frac{i(1-e^{-\lambda_2 t_1})(1-e^{-\lambda_1 t_2})}{i'(1-e^{-\lambda_1 t_1})(1-e^{-\lambda_2 t_2})} \quad (2)$$

t_1 и t_2 — время облучения в исследуемом и тепловом потоках соответственно; I_{01} и I_{02} — интенсивности излучений Np^{239} и La^{140} в момент окончания облучения в тепловом потоке; k — концентрация U^{235} в образце (при использовании образца из природного урана $k = 0,726\%$); $\sigma_c^{th}(U^{238})$ и $\sigma_f^{th}(U^{235})$ — сечения захвата U^{238} и деления U^{235} , усредненные по максвелловскому спектру скоростей при данной температуре; i — вероятность образования La^{140} при делении U^{238} тепловыми нейтронами.

Интересно отметить, что отношение выходов La^{140} при делении U^{238} быстрыми и U^{235} тепловыми нейтронами известно с большей точностью (5%), чем выход La^{140} при делении U^{238} (около 7%) [7]. Данные работы [7] показывают, что выходы La^{140} при делении U^{235} и U^{238} нейтронами с энергией до 10 Мэв практически не изменяются.

Величина I_{02} , входящая в формулы (1) и (2), должна быть исправлена с учетом того, что часть La^{140} , накапливающегося при облучении образца в исследуемом потоке нейтронов, образуется при делении U^{235} . Эта поправка зависит от отношения сечений деления U^{238} и U^{235} , которое может быть измерено параллельно с измерениями $\frac{\sigma_c U^{(238)}}{\sigma_f U^{(238)}}$ при использовании той же аппаратуры. Метод измерений описан в работе [2]. Рассмотренные выше методы были проверены в экспериментах на реакторе БР-1. Ниже приведены полученные результаты и данные измерений, проведенных с помощью камер деления и радиохимического метода:

Метод измерений	Вариант без градуировки в тепловом потоке	Вариант с градуировкой в тепловом потоке	Данные измерений с использованием камер и радиохимических методов
$\frac{\sigma_c(U^{238})}{\sigma_f(U^{238})}$	$0,44 \pm 0,04$	$0,42 \pm 0,03$	0,41

Пуск критической сборки в Институте ядерной энергетики АН БССР

Л. КРАСИН, О. И. ЯРОШЕВИЧ

В апреле 1965 г. в Институте ядерной энергетики АН БССР пущена уран-водная критическая сборка, предназначенная для проведения экспериментов на «слабых» активных зонах. Конструкция сборки позволяет создавать геометрически правильные активные зоны с распределением нейтронов невозмущенными экспериментальными каналами, каналами стержней

Статистическая точность измерений достигала 0,5%. Фон при измерениях с излучением La^{140} практически отсутствует, при измерениях с излучением Np^{239} он состоит из двух составляющих, постоянной и изменяющейся во времени. Постоянная составляющая — внешний фон и фон дочерних продуктов распада U^{238} — определялась предварительными измерениями, переменная составляющая — изменяющийся во времени фон осколков деления — методом, описанным в работе [8]. При всех измерениях с Np^{239} эффект превышал суммарный фон в десятки раз.

Методы измерений, предложенные в настоящей работе, отличаются большой точностью (вариант с градуировкой в тепловом потоке). Измерения с образцами малых размеров можно проводить практически в любой области реактора, не возмущая нейтронного поля. Совокупность данных, которые могут быть получены при использовании описанных методов, позволяет определить такие параметры ядерного реактора, как начальный коэффициент воспроизводства, коэффициент размножения на быстрых нейтронах и т. д. Проверка подтвердила преимущества предложенных методов при измерениях на различных системах от быстрых сборок до тепловых реакторов.

В заключение приносим благодарность В. В. Голубеву за помощь в проведении экспериментов.

Поступило в Редакцию 14/XII 1964 г.
В окончательной редакции 23/II 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Л. Н. Юрова, А. В. Бушув. «Атомная энергия», 16, 527 (1964).
- J. Wolberg et al. Proseeding of Symposium «Exponential and critical experiments». Vol. II, Amsterdam, 1963, p. 147.
- Б. С. Дзелепов и др. Схемы распада радиоактивных ядер. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1963.
- Л. Н. Юрова, А. В. Бушув. «Атомная энергия», 18, 65 (1965).
- G. Ewan et al. Phys. Rev., 108, 1308 (1957).
- В. В. Овечкин и др. «Приборы и техника эксперимента», № 5, 126 (1960).
- H. Levyn et al. Phys. Rev., 124, 544 (1961).
- D. Klein et al. Report of a panel Held in Vienna «Light water lattices», 1962, p. 177.

УДК 621.039.519

регулирования и аварийной защиты. Кроме того, сборка позволяет проводить исследования уран-водных решеток с различным шагом. На первой стадии экспериментов в сборке используется двуокись урана с 10%-ным обогащением (твэлы типа ЭК-10), что позволяет также получать дополнительные экспериментальные данные для активных зон реакторов типа ИРТ.