

Число мгновенных нейтронов при делении U^{235} , U^{238} , Th^{232} и Np^{237} быстрыми нейтронами

Б. Д. Кузьминов, Л. С. Куцаева, И. И. Бондаренко

Производились измерения среднего числа мгновенных нейтронов $\nu(E)$, испускаемых при делении U^{235} , U^{238} , Th^{232} и Np^{237} быстрыми нейтронами со спектром, близким к спектру нейтронов деления.

На пути пучка быстрых нейтронов, выведенного из активной зоны реактора БР-2 [1], помещалась камера деления с изучаемым изотопом. Для регистрации вторичных нейтронов использовались пропорциональные счетчики, наполненные BF_3 , обогащенным изотопом B^{10} , расположенные вне пучка нейтронов в цилиндрическом парафиновом блоке*). Электронная аппаратура регистрировала импульсы от камеры, счетчиков и импульсы совпадений.

Количество вторичных нейтронов, рождающихся при делении изучаемого изотопа, пропорционально отношению числа совпавших импульсов (после исключения случайно совпавших импульсов) к числу импульсов от камеры.

Разрешающее время схемы совпадений составляло примерно $2 \cdot 10^{-4}$ сек. В измерениях использовались две геометрически одинаковые камеры, в одну из которых помещался уран, обогащенный до 90% U^{235} , в другую — один из изучаемых элементов (U^{238} , Th^{232} , Np^{237}). Камера, содержащая U^{235} , являлась градуировочной.

Измерение $\nu(E)$ U^{238} проводилось также другим методом, в котором вторичные нейтроны регистрировались камерами деления, содержащими уран, обогащенный до 75% U^{235} , и естественный уран. Эти камеры состояли из коаксиальных цилиндрических электродов с большим количеством делящегося вещества (5 г естественного урана и 1 г U^{235}) и располагались вне пучка нейтронов. Разрешающее время схемы совпадений в этих измерениях составляло около 10^{-7} сек., а фон от случайных совпадений не превышал 20%. Измерения с пороговым детектором позволили сделать заключение о том, что спектры вторичных нейтронов U^{235} и U^{238} не имеют существенного отличия.

Из дополнительных измерений, проведенных в пучке тепловых нейтронов (использовалась тепловая колонна реактора БР-2), получено отношение $\nu(E)/\nu_T = 1,05 \pm 0,01$ для U^{235} . Измерения выполнялись в тех же геометрических условиях, что и на быстрых нейтронах. Из сравнения интенсивностей счета камер, содержащих естественный уран и U^{235} (обогащение 90%), при помещении их в пучки тепловых и быстрых нейтронов получено отношение сечений деления U^{235} и U^{238} быстрыми нейтронами, равное $9,4 \pm 0,1$. Этот результат использовался при расчетах поправок на изотопный состав урана.

При обработке результатов учитывалась угловая анизотропия осколков [5], [6] и вторичных нейтронов. При этом угловое распределение вторичных нейтронов относительно осколков принималось для всех изотопов таким же, как для U^{235} при делении его тепловыми нейтронами [7].

Суммарные поправки на изотопный состав и угловую анизотропию для исследовавшихся элемен-

тов не превышали 3%. Результаты измерений с учетом поправок приведены в таблице.

Таблица
Результаты измерений числа мгновенных нейтронов

Делящийся изотоп	Средняя энергия нейтронов, производящих деление, Мэв	Детектор вторичных нейтронов	$\frac{\nu(E)}{\nu_T^{U^{235}}}$	$\nu(E)$
U^{235}	1,20	Камера деления, содержащая естественный уран	$1,05 \pm 0,01$	$2,59 \pm 0,05$
U^{238}	3,1	То же	$1,17 \pm 0,02$	$2,9 \pm 0,1$
U^{238}	3,1	Камера деления, содержащая U^{235} (обогащение 75%)	$1,15 \pm 0,04$	$2,84 \pm 0,15$
U^{238}	3,1	Счетчики BF_3 в парафиновом блоке	$1,16 \pm 0,02$	$2,87 \pm 0,10$
Th^{232}	3,5	То же	$0,95 \pm 0,02$	$2,35 \pm 0,07$
Np^{237}	2,5	То же	$1,10 \pm 0,04$	$2,72 \pm 0,15$

Средняя энергия нейтронов подсчитана путем усреднения по известному ходу сечения деления в зависимости от энергии и измеренному спектру нейтронов в пучке (рисунок на стр. 188). При обработке $\nu_T^{U^{235}}$ принималось равным $2,47 \pm 0,03$.

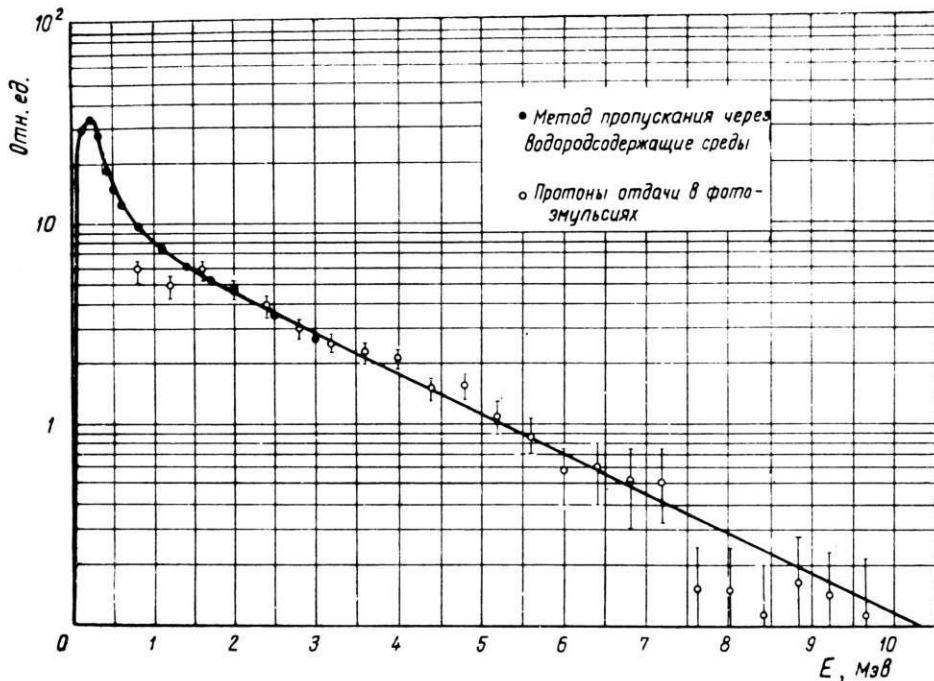
Из измерений ν для U^{238} , при которых вторичные нейтроны регистрировались камерой, содержащей U^{235} (обогащение 75%), и счетчиками, наполненными BF_3 , выведена средняя величина $\nu^{U^{238}} = 2,86 \pm 0,10$.

Авторы выражают глубокую благодарность О. Д. Казачковскому и Г. Н. Смиренину за ценные советы и содействие в проведении работы.

Авторы глубоко признательны действительному члену АН УССР А. И. Лейпунскому за ценные советы и постоянный интерес к работе.

Поступило в редакцию 8 VII 1957

*) Этот метод описан в работах [2]—[4].



Спектр быстрых нейтронов в пучке, выведенном из активной зоны реактора БР-2.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Лейпунский, Д. И. Блохинцев и др., Атомная энергия II, 497 (1957).
2. В. И. Калашникова, В. И. Лебедев, Л. А. Микаэлян, М. И. Певзнер, Атомная энергия I, № 3, 11 (1956).
3. K. W. Geiger, D. C. Rose, Canad. J. Phys. 32, 498 (1954).
4. В. И. Калашникова, В. И. Лебедев, П. Е. Спивак, Атомная энергия II, 18 (1957).
5. R. L. Henkel, J. E. Brolley, Phys. Rev. 103, 1292 (1956).
6. J. E. Brolley, W. C. Dickinson, R. L. Henkel, Phys. Rev. 99, 159 (1955).
7. J. S. Fraser, Phys. Rev. 88, 536 (1952).

Среднее число мгновенных нейтронов при делении U^{233} , U^{235} , Pu^{239} нейтронами с энергией 4 и 15 Мэв*)

Г. Н. Смиренин, И. И. Бондаренко, Л. С. Куцаева, Х. Д. Мищенко,
Л. И. Прохорова, Б. П. Шеметенко

Знание зависимости ν от энергии нейтронов E , вызывающих деление, представляет интерес с точки зрения исследования процесса деления, а также имеет практическое значение для расчета реакторов на быстрых нейтронах.

В последнее время опубликован ряд работ [1]—[6], посвященных изучению этого вопроса. Зависимость $\nu(E)$ была рассчитана в 1953 г. Усачевым и Трубицыным [3], а также Фаулером (см. [1]) на основе предположения о независимости кинетической энергии осколков деления от энергии нейтронов, производящих деление.

Результаты этих расчетов согласуются между собой и свидетельствуют о том, что с увеличением

энергии нейтронов E должен наблюдаться рост ν по линейному закону

$$\nu(E) = \nu_T + aE,$$

где ν_T —среднее число нейтронов, испускаемых при делении тепловыми нейтронами. Коэффициент a , определяющий приращение ν при увеличении энергии нейтронов на 1 Мэв, по данным расчетов работы [1] для U^{235} составляет $0,125 \text{ Мэв}^{-1}$ ($T=1,4 \text{ Мэв}$), по данным работы [3]— $0,145 \text{ Мэв}^{-1}$ ($T=1 \text{ Мэв}$). Это отличие обусловлено в основном разницей температур возбужденных осколков T , принимавшихся авторами.

Зависимость $\nu(E)$ изучалась также экспериментально. В работах [1], [4] ν для спонтанного деления Pu^{240} сравнивалось с ν для деления Pu^{239} тепловыми

*) Работа была выполнена в 1955—1956 гг.