

# Среднее число нейтронов, испускаемых при делении $U^{233}$ и $U^{235}$ нейтронами с энергией 0,08—1 Мэв

В. Ф. КУЗНЕЦОВ, Г. Н. СМИРЕНКИН

УДК 539.173.84

## I. ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

В работе изложена методика и приведены результаты измерений величины  $R = \frac{\bar{\nu}(E_n)}{\bar{\nu}(E_n=0,4 \text{ Мэв})}$  при изменении энергии падающих нейтронов от 0,08 до 0,7 Мэв для  $U^{233}$  и от 0,08 до 0,99 Мэв для  $U^{235}$  с интервалами  $\sim 0,1$  Мэв.

Цель исследования состояла в выяснении наличия и характера отклонений зависимости  $\bar{\nu}(E_n)$  от линейного возрастания с ростом  $E_n$ , обнаруженных в ряде работ.

Метод измерений [1] основан на помещении в пучок нейтронов энергии  $E_n$  диска из исследуемого изотона. Диск является источником вторичных нейтронов, которые регистрируются пороговым детектором с величиной порога, превышающей максимальную энергию нейтронов заданного диапазона. Тонкие слои деляще-

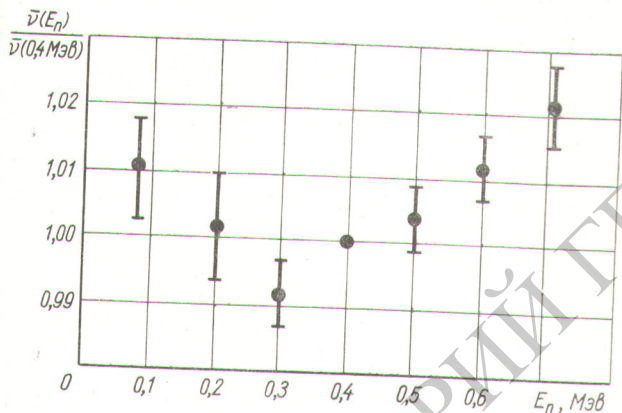


Рис. 1. Результаты измерений  $R = \frac{\bar{\nu}(E_n)}{\bar{\nu}(0,4 \text{ Мэв})}$  для  $U^{233}$ .

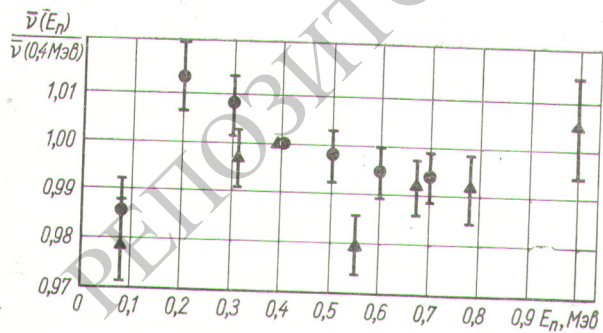


Рис. 2. Результаты измерений  $R = \frac{\bar{\nu}(E_n)}{\bar{\nu}(0,4 \text{ Мэв})}$  для  $U^{235}$ .

● — измерения с камерой деления со слоями  $Th^{232}$ ; ▲ — сцинтилляционный счетчик в качестве детектора вторичных нейтронов [1].

гося вещества того же размера и изотопного состава, что и диск, расположены по обеим его сторонам и помещены в сборке с диском в ионизационную камеру, которая регистрирует число делений в слоях  $n_f$ , пропорциональное полному числу делений в диске  $F$ . Отношение числа зарегистрированных вторичных нейтронов  $N_n$  к  $n_f$  связано с  $\bar{\nu}$  коэффициентом пропорциональности, слабо зависящим от энергии первичных нейтронов. Отношение величин  $\left(\frac{N_n}{n_f}\right)$ , измеренных при энергии нейтронов  $E_n$  и некоторой «опорной» энергии (в данном случае 0,4 Мэв), равно отношению величин  $\bar{\nu}$ , соответствующих этим энергиям, с точностью до весьма малых поправок. Поправки возникают вследствие зависимости эффективности регистрации от пространственно-энергетического распределения вторичных нейтронов и вклада вторичных процессов, происходящих в веществе диска.

Детектором вторичных нейтронов служила ионизационная камера со слоями тория. Приводится изложение расчета вводимых поправок. Данные настоящих измерений для  $U^{235}$  сравниваются с результатами работы [1], где в качестве детектора вторичных нейтронов использовался сцинтилляционный пороговый детектор на основе стильбена с дискриминацией фона  $\gamma$ -излучения по форме импульсов.

При помощи предложенной методики удалось изменить величину  $R(E_n)$  с точностью 0,5—0,7% и достаточно надежно установить отклонение  $\bar{\nu}(E_n)$  от линейной зависимости для  $U^{233}$  (рис. 1) и  $U^{235}$  (рис. 2).

(№ 138/3934. Поступила в Редакцию 30/VIII 1966 г. В окончательной редакции 29/XII 1966 г. Полный текст 1 а. л., 4 рис, 3 табл., библиография 19 названий.)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ju. В I j u m k i n a et al. Nucl. Phys., 52, 648 (1964).

## II. АБСОЛЮТИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И БАЛАНС РЕАЛИЗУЮЩЕЙСЯ ПРИ ДЕЛЕНИИ ЭНЕРГИИ

Работа посвящена исследованию вопроса о возможности абсолютизации результатов относительных измерений среднего числа вторичных нейтронов при делении  $U^{233}$  и  $U^{235}$  нейтронами с энергией  $E_n \leq 1$  Мэв путем использования данных о средней кинетической энергии осколков деления  $\bar{E}_K$ . Анализируется энергетический баланс при возбуждении делящегося ядра тепловыми и быстрыми нейтронами при помощи данных относительных измерений  $\bar{\nu}(E_n)$  и  $\Delta \bar{E}_K(E_n) = \bar{E}_K(E_n) - \bar{E}_K^T$ , где  $\bar{E}_K(E_n)$  и  $\bar{E}_K^T$  — средние кинетические энергии осколков при делении нейтронами с энергией  $E_n$  и тепловыми соответственно.

В предположении неизменности кривой выхода масс и зарядов  $Y(M, Z)$  в диапазоне энергий нейтро-

нов  $0-1$  Мэв уравнение баланса энергии записывается в виде

$$\bar{v}(E_n) = \bar{v}_T + a [E_n - \Delta \bar{E}_K(E_n)],$$

где  $a$  — средняя энергия отделения нейтрона из осколков. Обычно считается, что  $a \approx 0,14 \text{ Мэв}^{-1}$ . Это уравнение можно связать с величиной  $R = \bar{v}(E_n)/\bar{v}(\bar{E}_n)$ , определяемой в относительных измерениях [1]:

$$R(E_n, \bar{E}_n) = \frac{\bar{v}_T}{\bar{v}(\bar{E}_n)} + \frac{a}{\bar{v}(\bar{E}_n)} [E_n - \Delta \bar{E}_K(E_n)].$$

Подставляя для одних и тех же  $E_n$  данные по  $R(E_n, \bar{E}_n)$  и  $\Delta \bar{E}_K(E_n)$ , получаем систему уравнений с неизвестными коэффициентами  $\frac{\bar{v}_T}{\bar{v}(\bar{E}_n)}$  и  $\frac{a}{\bar{v}(\bar{E}_n)}$ , которые находят методом наименьших квадратов. В результате определения этих коэффициентов можно по  $\bar{v}_T$  вычислить для  $U^{233}$  и  $U^{235}$   $\bar{v}(\bar{E}_n)$  — среднее число нейтронов деления при опорной энергии  $\bar{E}_n$ , необходимое для перевода относительных значений  $\bar{v}(E_n)/\bar{v}(\bar{E}_n)$  в абсолютные.

По найденным таким образом значениям  $\bar{v}(E_n)$  и данным по  $\Delta \bar{E}_K(E_n)$  проводится проверка предположения о неизменности  $Y(M, Z)$ . В этом случае уравнение баланса энергии принимает вид

$$\Delta M c^2 = -[E_n - \Delta \bar{E}_K(E_n)] + \frac{\bar{v}(E_n) - \bar{v}_T}{a},$$

где  $\Delta M c^2$  — изменение кривой  $Y(M, Z)$ , выраженное в энергетических единицах. Анализ показал, что в случае  $U^{235}$   $\Delta M c^2$  имеет среднее значение примерно  $-0,3 \text{ Мэв}$  в диапазоне  $0,08-1 \text{ Мэв}$ ; для  $U^{233}$  до  $0,5 \text{ Мэв}$   $\Delta M c^2 \approx 0$ ; при  $E_n$ , равных  $0,6$  и  $0,7 \text{ Мэв}$ ,  $\Delta M c^2$  заметно отклоняется от этого значения. Учет этих отклонений привел к значениям  $\bar{v}(\bar{E}_n) \approx 2,494$  для  $U^{235}$ , что прекрасно согласуется с  $\bar{v}(\bar{E}_n) \approx 2,491 \pm \pm 0,007$ , определенным прямым сравнением с  $v_T$  в работе [2].

Для  $U^{233}$  значение  $\bar{v}(\bar{E}_n)$  оказалось равным  $2,462$ . Анализируются возможные ошибки определения  $\bar{v}(\bar{E}_n)$  при помощи изложенного метода абсолютизации.

Абсолютные значения  $\bar{v}(E_n)$  сравниваются с данными других работ. Обсуждается влияние каналовых эффектов на  $\bar{v}(E_n)$  и  $\Delta \bar{E}_K(E_n)$ . В таблице даны значения

Значения  $\bar{v}(E_n)$  для  $U^{233}$  и  $U^{235}$ , найденные путем абсолютизации результатов относительных измерений [1]

$E_n, \text{ Мэв}$	$\bar{v}(E_n), U^{233}$	$\bar{v}(E_n), U^{235}$
0,08	$2,489 \pm 0,030$	$2,456 \pm 0,022$
		$2,439 \pm 0,024^*$
0,20	$2,467 \pm 0,031$	$2,523 \pm 0,025$
0,30	$2,442 \pm 0,027$	$2,511 \pm 0,023$
0,31	—	$2,483 \pm 0,022^*$
0,40	$2,462 \pm 0,025$	$2,491 \pm 0,017$
0,50	$2,472 \pm 0,027$	$2,486 \pm 0,022$
0,55	—	$2,441 \pm 0,022^*$
0,60	$2,491 \pm 0,028$	$2,478 \pm 0,021$
0,67	—	$2,471 \pm 0,022^*$
0,70	$2,516 \pm 0,029$	$2,476 \pm 0,022$
0,78	—	$2,471 \pm 0,025^*$
0,99	—	$2,503 \pm 0,029^*$

\* Результаты, полученные с использованием сцинтилляционного детектора вторичных нейтронов [2].

ния  $\bar{v}(E_n)$ , полученные по результатам работы [1] и настоящей. В приведенные данные включено среднее число запаздывающих нейтронов для  $U^{235}$  ( $0,016$ ) и  $U^{233}$  ( $0,007$ ). Величина  $\bar{v}_T$  при пересчете данных относительных измерений принималась без ошибки, которую в необходимых случаях следует учитывать.

(№ 139/3864. Поступила в Редакцию 18/VII 1966 г. В окончательной редакции 29/XII 1966 г. Полный текст 0,85 а. л., 4 рис., 2 табл., библиография 20 названий.)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ф. Кузнецов, Г. Н. Смиренкин. См. настоящую работу, часть I.
2. Ju. Bljumkina et al. Nucl. Phys., 52, 648 (1964).

## Рентгенографическое исследование структуры жидкого индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации

Г. И. КИГНАДЗЕ, Д. М. ЗАХАРОВ, Ю. Г. ЭЛБАКИДЗЕ

Необходимость изучения индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации отмечалась в работе [1]. В связи с этим были проведены рентгенографические исследования структуры жидкого индий-галлиевого сплава, сведения о которой позволяют охарактеризовать процессы, протекающие в сплаве при его плавлении и последующем нагреве. Такая информация полезна, поскольку речь идет о характеристике жидкого состояния сплава, который может быть использован в качестве  $\gamma$ -носителя радиационных контуров промышленного назначения.

УДК 621.039.553.3:546.681:546.682

Для определения структуры жидкого индий-галлиевого сплава эвтектической концентрации проводилась съемка рентгенограмм с плоской поверхности сплава на установке УРС-50 ИМ в  $K_{\alpha}$ -молибденовом излучении. После обработки экспериментальных кривых и введения соответствующих поправок на некогерентное рассеяние и поляризацию были получены кривые интенсивности рассеяния рентгеновских лучей жидким индий-галлиевым сплавом эвтектической концентрации при температуре  $25$  и  $70^\circ\text{C}$ , а также кривая интенсивности для жидкого галлия при температуре  $25^\circ\text{C}$ .