

УДК 539.172.4

Сечение деления тепловыми нейтронами и резонансный интеграл деления ^{243}Cm

ЖУРАВЛЕВ К. Д., КРОШКИН Н. И.

Чтобы получить ядерно-физические константы для актиноидных ядер методом кадмиевой разности, были измерены сечение деления тепловыми нейтронами σ_f и резонансный интеграл деления I_f ^{243}Cm . В качестве эталона использовалась мишень из ^{235}U , сечение деления тепловыми нейтронами которого принималось равным $582,2 \pm 1,3$ б, а резонансный интеграл деления — 275 ± 5 б [1]. Измерения проводили на горизонтальном канале высокопоточного реактора СМ-2. Кадмиевое отношение для ^{235}U при перекрытии пучка нейтронов кадмием толщиной 1 мм равнялось 40.

Мишени из урана и кюрия были нанесены на алюминиевые подложки толщиной 0,1 мм. Количество вещества в мишенях ~1 мкг, диаметр пятна мишеней ~10 мм. Изотопный состав мишени кюрия, %: ^{242}Cm 0,15 \pm 0,07; ^{243}Cm 37,29 \pm 1,34; ^{244}Cm 61,61 \pm 1,34; ^{245}Cm 0,94 \pm 0,10. Число ядер в мишени кюрия определяли по числу спонтанных делений ^{244}Cm и ^{242}Cm . Период спонтанного деления ^{244}Cm принимался равным $(1,270 \pm 0,007) \cdot 10^7$ лет, а для ^{242}Cm — $(6,09 \pm 0,18) \times 10^6$ лет [2]. Число ядер в урановой мишени определялось по α -счету в геометрии 2л. Изотопный состав урановой мишени и методика эксперимента подробно описаны в работах [3, 4].

В результаты измерений σ_f и I_f ^{243}Cm вносились поправки ($K_{\sigma}^{244} = 0,998$, $K_I^{244} = 0,987$ и $K_{\sigma}^{245} = 0,937$, $K_I^{245} = 0,987$), обусловленные содержанием в мишени ^{244}Cm и ^{245}Cm и относящиеся соответственно к сечению деления тепловыми нейтронами и резонансному интегралу деления.

Температура нейтронов максвелловского спектра на выходе из реактора равнялась 353 К [4], а поправка $g(T)$, учитывающая, что сечение деления урана не следует зависимости $1/\sqrt{E}$, равна 0,965 [5]. Для кюрия предполагалось, что сечение деления подчиняется зависимости $1/\sqrt{E}$ и $g(T) = 1$.

Приведенные в таблице данные о сечении деления и резонансном интеграле в пределах погрешностей согласуются между собой. По-видимому, разброс значений мож-

Сечение деления тепловыми нейтронами и резонансный интеграл деления ^{243}Cm , б

Параметр	Настоящая работа	Данные [4]	Данные [6]
σ_f	672 ± 60	600 ± 50	$609,6 \pm 25,9$
I_f	1480 ± 150	1860 ± 400	1575 ± 136

но объяснить отсутствием данных о характере поведения сечения деления ^{243}Cm в тепловой области энергии нейтронов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Neutron Cross Sections, BNL-325, Third Edition, v. 1, 1973.
2. Замятин Ю. С., В кн.: Ядерные константы. Вып. 14. М., Атомиздат, 1974, с. 22.
3. Журавлев К. Д., Крошкин Н. И., Четвериков А. П. «Атомная энергия», 1975, т. 39, вып. 4, с. 285.
4. Журавлев К. Д., Крошкин Н. И., В кн.: Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерные константы. Вып. 19. М., Атомиздат, 1975, с. 3.
5. Эгельстафф П. Э. В кн.: Справочник по ядерной физике. М., Физматгиз, 1963, с. 268.
6. Bemis C. e.a. «Nucl. Sci. Engng», 1977, v. 63, p. 413.

Поступило в Редакцию 07.08.78

УДК 661.039.51

Определение абсолютного выхода гамма-линии 277,6 кэВ ^{239}Np

МОЖАЕВ В. К., ДУЛИН В. А., КАЗАНСКИЙ Ю. А.

Для определения накопления ^{239}Pu в реакторах-размножителях часто используют измерение интенсивности γ -излучения ^{239}Np . При этом в некоторых случаях требуется знать абсолютный выход γ -линии с энергией 277,6 кэВ на распад ^{239}Np . Кроме того, в последнее время предполагается в наборе стандартных калиброванных радиоактивных препаратов (МАГАТЭ) использовать вместо ^{203}Hg долгоживущий ^{243}Am . Для этих целей также необходимо знать абсолютный выход γ -линий ^{239}Np , который образуется в результате α -распада ^{243}Am .

В настоящей работе измерен абсолютный выход γ -линии ^{239}Np ($E_{\gamma} = 277,6$ кэВ) с использованием калиброванного (по α -частицам) источника ^{243}Am и ^{203}Hg из набора стандартных радиоактивных источников (ОСГИ). Калибровка ^{243}Am была проведена в точно известной геометрии по скорости счета α -частиц полупроводниковым кремниевым детектором [1].

Регистрация γ -квантов препаратов ^{243}Am и ^{203}Hg осуществлялась с помощью полупроводникового германиевого детектора (ПГД) с чувствительным объемом ~35 см³.

Абсолютный выход γ -линии ^{239}Np ($J_{\gamma\text{Np}}$) определяли по формуле

$$J_{\gamma\text{Np}} = \frac{N_{\gamma\text{Np}} Q_{\text{Hg}} \epsilon_{\gamma\text{Hg}}}{N_{\gamma\text{Hg}} Q_{\text{Am}} \epsilon_{\gamma\text{Np}}} J_{\gamma\text{Hg}}$$

где $N_{\gamma\text{Np}}$, $N_{\gamma\text{Hg}}$ — скорости счета γ -квантов энергией 277,6 кэВ для ^{243}Am и 279,1 кэВ для ^{203}Hg ; Q_{Am} , Q_{Hg} — активности ^{243}Am и ^{203}Hg ; $\epsilon_{\gamma\text{Np}}$, $\epsilon_{\gamma\text{Hg}}$ — эффективности регистрации γ -квантов энергией соответственно 277,6 и 279,1 кэВ на ПГД; $J_{\gamma\text{Hg}}$ — абсолютный выход γ -линии ($E_{\gamma} = 279,1$ кэВ) на распад ^{203}Hg ($0,8155 \pm 0,0015$ [2]).

Отношение эффективностей регистрации γ -квантов ($\epsilon_{\gamma\text{Hg}}/\epsilon_{\gamma\text{Np}}$) зависит от относительного хода (наклона) кривой эффективности регистрации γ -квантов по пику полного поглощения в зависимости от энергии. Ход кривой определяется размером чувствительного объема и геометрией обседа источников. Отношение эффективности регистраций γ -квантов энергией 279,1 и 277,6 кэВ, измеренное экспериментально (использовались наборы ОСГИ), составило $0,995 \pm 0,004$.

Ниже приведены составляющие погрешности, определяющие полную погрешность измерения абсолютного выхода γ -линии ^{239}Np с $E_{\gamma} = 277,6$ кэВ, %:

Статистическая погрешность	0,40
Активность ^{203}Hg [3]	1,50
Активность ^{243}Am [1]	0,33
Отношение эффективности регистраций γ -квантов ^{203}Hg и ^{243}Am	0,40
Самопоглощение γ -квантов в ^{243}Am	0,001
Абсолютный выход γ -линии ^{203}Hg ($E_\gamma = 279,1$ кэВ)	0,20
Полная погрешность измерения абсолютного выхода γ -линии ^{239}Np ($E_\gamma = 277,6$ кэВ)	1,65

[5]	$0,141 \pm 0,004$
[6]	$0,152 \pm 1,005$
Настоящая работа	$0,1430 \pm 0,0024$

В заключение авторы выражают благодарность С. Е. Лаврову и В. И. Иванову за изготовление и определение изотопного состава препарата ^{243}Am .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дулин В. А., Можяев В. К. «Атомная энергия». 1978, т. 44, вып. 6, с. 528.
2. Bowman C. Reports US Nuclear Data Committee, USNDC-9, 1973, p. 225.
3. Свидетельство № 227, № 228, ОСГИ, 1975.
4. Ahmad J., Wahlgren M. «Nucl. Instrum. Methods», 1972, v. 99, N 2, p. 333.
5. Юрова Л. Н. и др. «Атомная энергия». 1974, т. 36, вып. 1, с. 51.
6. Bowman C. Reports US Nuclear Data Committee, USNDC-11. 1974, p. 274.

Поступило в Редакцию 01.09.78

Видно, что общая погрешность измерения определяется погрешностью калиброванного источника ^{203}Hg из набора ОСГИ.

Ниже даны значения абсолютного выхода γ -линии ^{239}Np с $E_\gamma = 277,6$ кэВ, полученные в настоящей работе и другими авторами:

[4]	$0,145 \pm 0,004$
[2]	$0,1450 \pm 0,0015$

УДК 621.039.52.44

Расчет истинного объемного паросодержания в тяговом участке контура естественной циркуляции

ПОЛЯНИН Л. Н., ПУТОВ А. Л.

В настоящей работе представлен расчет истинного объемного паросодержания потока в тяговом участке контура естественной циркуляции применительно к условиям низкого давления.

Истинное объемное паросодержание φ связано с массовым расходным паросодержанием X и коэффициентом проскальзывания пара ω соотношением

$$\varphi = 1 / \left(1 + \omega \frac{\rho''}{\rho'} \frac{1-X}{X} \right), \quad (1)$$

где ρ' и ρ'' — плотности воды и пара соответственно.

Входящий в уравнение (1) коэффициент проскальзывания $\omega = W_{\text{п}}/W_{\text{в}}$ ($W_{\text{в}}$ и $W_{\text{п}}$ — истинные скорости воды и пара) изменяется по высоте тягового участка за счет увеличения групповой скорости всплытия паровых пузырей $W_{\text{всп}}^{\text{гр}}$ с ростом паросодержания.

По определению

$$\omega = \frac{W_{\text{п}}}{W_{\text{в}}} = 1 + \frac{W_{\text{всп}}^{\text{гр}}}{W_{\text{в}}} = 1 + \frac{1-\varphi}{1-X} \frac{W_{\text{всп}}^{\text{гр}}}{W_0^{\text{т.у}}}, \quad (2)$$

где $W_0^{\text{т.у}} = G/\rho' S_{\text{т.у}}$ — скорость циркуляции; $S_{\text{т.у}}$ — площадь проходного сечения тягового участка; G — массовый расход теплоносителя через тяговый участок.

По экспериментальным данным [1, 2], для $\varphi \leq 0,5$ $W_{\text{всп}}^{\text{гр}}$ связана со скоростью всплытия одиночных пузырей $W_{\text{всп}}^0$ соотношением

$$W_{\text{всп}}^{\text{гр}} = W_{\text{всп}}^0 / (1-\varphi). \quad (3)$$

Подставляя (3) в формулу (2), получаем

$$\omega = (1 + K_W) (1-\varphi) / \left[1 - \left(1 + K_W \frac{\rho''}{\rho'} \right) \varphi \right], \quad (4)$$

где $K_W = W_{\text{всп}}^0 / W_0^{\text{т.у}}$.

Изменение массового расходного паросодержания X по высоте z тягового участка для условий квазиравно-

ного течения теплоносителя равно:

$$\frac{dX}{dz} = -\frac{1}{r} \frac{di'}{dz} = -\frac{1}{r} \frac{di'}{dp} \frac{dp}{dz}, \quad (5)$$

где

$$\frac{dp}{dz} = -g [\rho' (1-\varphi) + \rho'' \varphi], \quad (6)$$

поскольку в рассматриваемых условиях величинами потерь давления на трение и ускорение потока можно пренебречь. Здесь i' — энтальпия воды на линии насыщения; p — давление; r — скрытая теплота парообразования; g — ускорение свободного падения. Ввиду относительно малого изменения давления по высоте тягового участка di'/dp можно принять постоянной.

Из соотношений (1) и (4) — (6) можно получить уравнение для истинного объемного паросодержания:

$$\frac{d\varphi}{dz} = \left[1 - \left(1 - \frac{\rho''}{\rho'} \right) \varphi \right]^3 / D (1 + K_W), \quad (7)$$

где

$$D = r \rho'' / g \left(\frac{di'}{dp} \right) (\rho')^2. \quad (8)$$

Эффект вскипания теплоносителя (благодаря которому происходит рост φ по высоте тяговой шахты) существен только в области сравнительно низкого давления, когда $\rho''/\rho' \ll 1$. В этом случае уравнение (7) имеет следующее решение:

$$\varphi = 1 - 1 / \sqrt{\frac{1}{(1-\varphi_0)^2} + \frac{2z}{D(1+K_W)}}. \quad (9)$$

Истинное объемное паросодержание φ_0 на входе в тяговый участок ($z = 0$) может быть получено из соотношения

$$\varphi_0 = 1 / \left[1 + (1 + K_W) \frac{\rho''}{\rho'} \frac{1-X_0}{X_0} + K_W \frac{\rho''}{\rho'} \right], \quad (10)$$

эквивалентного [1, 3] общеизвестной формуле

$$\varphi_0 = W_0'' / (W_0'' + W_0' + a), \quad (11)$$