

204

149183 2-4 23

Краткие сообщения по физике № 11 1974

СПЕКТР НЕЙТРОНОВ В ПЕРХЛОРЕТИЛЕНЕ ЗА СЧЕТ
ЕСТЕСТВЕННОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А. В. Еллипинский

УДК 539.55

По отрывочным литературным данным о парциальных сечениях реакции $Cl(\alpha, n)\gamma$ была восстановлена полная функция возбуждения (α, n) реакции на изотопах хлора. С ее помощью найдены спектры нейтронов, генерированных в C_2Cl_4 при загрязнении естественной радиоактивностью U; Th; Ra и RnTh.

Результаты последних экспериментов Дэвиса /1/ свидетельствуют о том, что в настоящее время увеличение чувствительности хлорного метода регистрации солнечных нейтрино связано с необходимостью использовать защиту детектора от нейтронного излучения из грунта. В свою очередь правильная организация защиты и расшифровка фоновых эффектов этого типа невозможна без знания интенсивности и спектра нейтронов.

В настоящей работе приводятся оценки спектра нейтронов, образованных в перхлорэтилене путем (α, n) -реакций за счет загрязнения его четырьмя наиболее характерными для нейтринного эксперимента /2/ типами естественной земной радиоактивности: U (10^{-6} г/г); Th (10^{-5} г/г) — без продуктов распада и Ra (10^{-12} г/г) и RnTh (10^{-15} г/г) — в равновесии с дочерними продуктами.

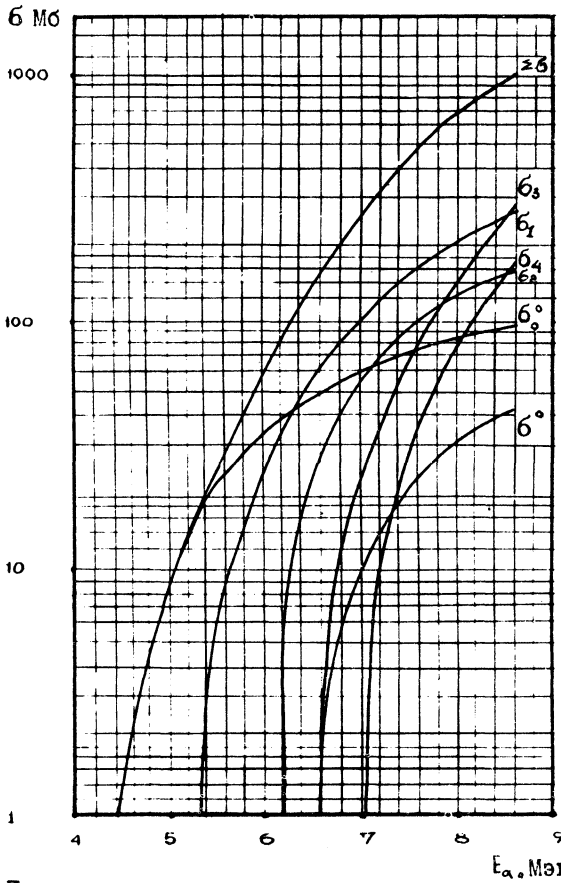
Для нахождения спектра нейтронов необходимо знание всех парциальных сечений (α, n) -реакций на изотопах углерода и хлора как функции энергии α -частиц. Достоверность полученных результатов зависит от точности и полноты исходных данных. Для углерода основные погрешности связаны с плохим энергетическим разрешением, при котором были экспериментально найдены /3,4,5/ функции возбуждения. Поэтому сечения для близких ($\Delta E \leq 200$ кэВ) переходов объединены. Кроме того для упрощения техники вычислений производилось сглаживание сечений по узким резонансам, образованным возбуждением уровней (до 30) компаунд-ядра O^{17} . Поэтому ре-

альная точность использованных данных не (10 + 20)%, как считают авторы /3 + 5/, а порядка $\pm 50\%$. Для изотопов хлора были найдены парциальные функции возбуждения, соответствующие образованию остаточных ядер K^{38} в основном состоянии и K^{40} в основном и первых четырех возбужденных состояниях (см. рис. I). При этом в качестве исходных данных использовались экспериментально найденные выходы нейтронов при полном поглощении α -частиц различных энергий

$E_{\alpha} = 5,3$ Мэв;	} На естественной смеси изотопов Cl на Cl^{35}	/6/.
$E_{\alpha} = 5,5$ Мэв и 6,0 Мэв;		/7/.
$E_{\alpha} = 7,68$ Мэв;		/7/.
$E_{\alpha} = 9,0$ Мэв;		/8/.

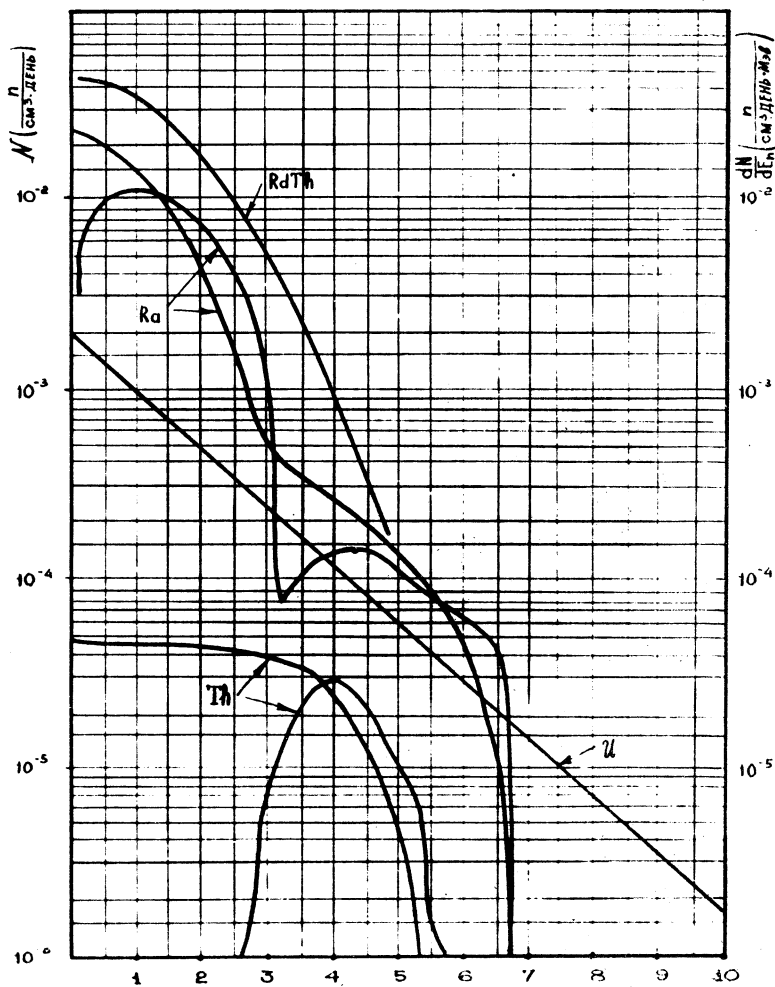
экспериментально найденные /9/ энергетические пороги для каждой парциальной реакции $(\alpha, n\gamma)$ и отношения величин парциальных сечений при $E_{\alpha} = 8,3$ мэв. Предполагалось, что форма функции возбуждения на каждом изотопе определяется только проникаемостью кулоновского барьера для вторичных α -частиц. Найденные функции возбуждения приведены на рис. I. Суммарная ошибка результата не превосходит $\pm 15\%$. Достоверность результатов определяется отсутствием у промежуточных ядер K^{39} и K^{41} сильных резонансов в области возбуждения (0,2 + 3,0) Мэв.

Спектры нейтронов, образованных на изотопах хлора и углерода при протекании описанных (α, n) -реакций, были найдены используя алгоритм, предложенный в работе /2/. Основным фактором, ограничивающим точность построения спектра, является размытие энергии нейтронов за счет кинематики. Для экзотермических реакций на легких ядрах, в частности, $C^{13}(\alpha, n)O^{16}$, относительная величина размытия составляет $0,14 \lesssim \left| \frac{\Delta E_n}{E_n} \right| \lesssim 0,2$. В случае эндотермических реакций (все каналы на Cl) размытие достигает $0,2 \lesssim \left| \frac{\Delta E_n}{E_n} \right| \lesssim 0,5$, увеличиваясь с уменьшением энергии нейтронов. Таким образом, разбивание исходного спектра α -частиц на участки, меньшие чем $\Delta E_{\alpha} \approx 0,2$ Мэв, становится бессмысленным. Это оправдывает использование парциальных сечений (α, n) -реакций, сглаженных по интервалам энергий того же порядка. Поэтому найденные спектры нейтронов оказываются не чувствительными к наличию в сечениях генерации узких резонансов небольшой силы.



Р и с. 1. Парциальные сечения реакции (α, n) на изотопах Cl

Обозначение	σ_0^o	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ^o
канал	$Cl^{37}(\alpha, n)$ $K_{осн.}^{40}$	$Cl^{37}(\alpha, n\gamma)K^{40*}$				$Cl^{35}(\alpha, n)$ $K_{осн.}^{38}$
$E_{\alpha} \text{ ПОРОГ, МэВ}$	4,3	5,3	6,1	6,6	7,1	6,6



Р и с. 2. Спектры нейтронов, образованных за счет (α, n) -реакции на C_2Cl_4 при загрязнении:

$U(10^{-6} \text{ г/г})$; $Th(10^{-5} \text{ г/г})$; $Ra(10^{-12} \text{ г/г})$; и $RdTh(10^{-15} \text{ г/г})$

Построенные спектры нейтронов оказываются усредненными на интервалах энергии нейтронов $0,25 \text{ Мэв} \leq \Delta E_n \leq 0,5 \text{ Мэв}$. Сглаживание максимально в области малых энергий и минимально - в области больших. Точность нахождения выхода нейтронов определяется точностью использованных сечений и корректностью операции их сглаживания.

На рис. 2 представлены полученные в этом приближении результаты. Кроме дифференциальных спектров даны также интегральные, так как именно они используются при нахождении общего выхода реакций, идущих под действием нейтронов. Чтобы не загромождать рисунок, опущены дифференциальные спектры при загрязнении ураном и радиотором. В случае U дифференциальный спектр определяется практически спонтанным делением: реакция $C^{13}(\alpha, n)$ вносит пренебрежимый вклад, не превышающий 5%. Кроме того, дифференциальный спектр нейтронов от этой реакции подобен спектру под действием α -частиц Th , но в 3,3 раза меньше его по интенсивности. В случае загрязнения $radh$ дифференциальный спектр близок к спектру от α -частиц Ra : при $E_n > 4,7 \text{ Мэв}$ в области спектра, обремененной реакцией $C^{13}(\alpha, n)$, для обоих типов загрязнения спектры совпадают с 10% точностью; при $E_n < 4,7 \text{ Мэв}$, где доминирует вклад (α, n) -реакций на Cl , дифференциальный спектр при загрязнении $radh$ в 2 раза более интенсивен по сравнению со спектром, генерированным Ra .

Поступила в редакцию
30 апреля 1974 г.

Л и т е р а т у р а

1. R. Davis, Bull. Amer. Phys. Soc. 16, 631 (1971).
2. W. Hess. Annals of Physics, 6, 115 (1959).
3. K. Spear et al. Nuclear Physics, 41, 953 (1963).
4. T. Bonner et al. Phys. Rev., 102, 1348 (1956).
5. R. Walton et al. Phys. Rev., 107, 1065 (1956).
6. Э. Сегре. Экспериментальная ядерная физика. - П. Москва, ИИ, 1955 г., стр. 311.
7. В. Горшков и др. Атомная энергия, 14, 544 (1963).
8. E. Amaldi. Handbuch der Physik, B38/2, 110, Berlin, 1959.
9. A. Smith and F. Steigert. Phys. Rev., 122, 1527 (1961).