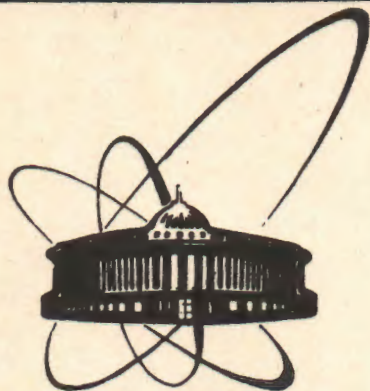


92-230



**объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна**

P3-92-230

Л. В. Мицына, Г. С. Самосват

**ОБ АНОМАЛЬНОМ РАССЕЙЯНИИ P-НЕЙТРОНОВ
ЯДРАМИ ТЕЛЛУРА**

Направлено в журнал "Ядерная физика"

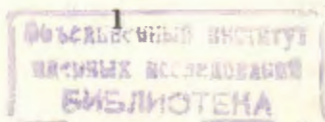
1992

После нашей предыдущей статьи [1], продолжившей систематические измерения средних нейтронных резонансных параметров большой группы ядер (см. библиографию в [1]), для масс $A > 124$ оказались исследованными три природных смеси изотопов: Te, Xe и Nd. Определяемые из средних дифференциальных сечений упругого рассеяния нейтронные силовые функции S^0 , $S_{1/2}^1$, $S_{3/2}^1$ для s -, $p_{1/2}$ - $p_{3/2}$ -нейтронов и радиусы рассеяния R_0' для s -нейтронов у всех трех элементов обнаруживают довольно плавную зависимость от A , экстраполируемую из области более легких исследованных ядер, расположенных на шкале A плотнее. И только поведение радиусов рассеяния для нейтронной p -волны R_1' оказалось неожиданным: значение R_1' для Te явно выпадает вниз на 15-20 ошибок. Желая подробнее исследовать этот эффект, мы провели измерения с двумя тяжелыми и наиболее доступными изотопами теллура.

Измерения

Использовалась та же методика измерений, что и в работе [1], только в качестве рассеивателей на местах стальных баллонов с газами были установлены четыре цилиндрических контейнера из алюминия толщиной 0,2 мм - один пустой и три заполненных порошками ^{128}Te (98,6% обогащения), ^{130}Te (99,6%) и V_4C (последний как стандарт с известным сечением рассеяния). Было выполнено две серии измерений: первая - с контейнерами диаметром 2 см, а вторая - 3 см. Количество порошков ^{128}Te , ^{130}Te и V_4C в первой серии было 27,26 и 32 г и во второй - 50, 50 и 64 г, соответственно. Столбики порошков имели высоту примерно 9 см и во время "своей" экспозиции целиком находились в нейтронном пучке.

Всего в первой серии было сделано 504 10-минутных экспозиций, по 42 для каждого из четырех контейнеров и каждого из углов рассеяния: 45, 90 и 135°. Во второй серии эти числа составили соответственно 852 и 71. Весь измерительный процесс, включая перемещения рассеивателей и детектора нейтронов,



проводился в автоматическом режиме с помощью ЭВМ типа СМ-1300 и прерывался для контроля и вывода результатов один раз в сутки.

Результаты

Преобразование накопленных времяпролетных спектров рассеиваемых нейтронов в дифференциальные сечения рассеяния

$$\sigma(\phi, E) = \frac{\sigma_s(E)}{4\pi} \left[1 + \sum_{i=1}^2 \omega_i(E) P_i(\cos\phi) \right],$$

где ϕ - угол рассеяния, E - энергия нейтронов, и извлечение из последних нейтронных силовых функций и радиусов рассеяния проводились так же, как в [1] и цитируемых там работах. Полученные дифференциальные сечения в виде их параметров σ_s , ω_1 и ω_2 , пересчитанные в систему центра масс, представлены на рис. 1 и 2, где из-за экономии места ω_1 и ω_2 даны только для

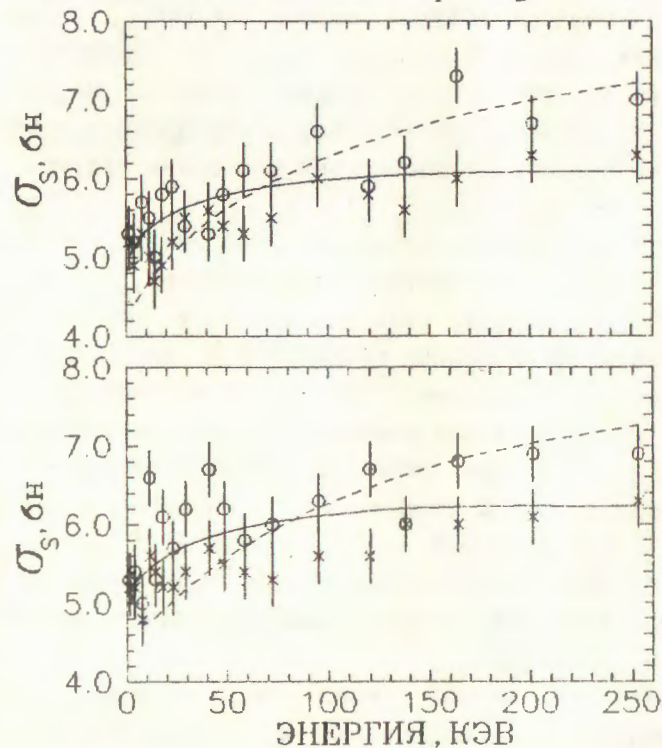


Рис. 1. Интегральные сечения рассеяния, полученные с рассеивателями $\varnothing 20$ мм (кружки) и $\varnothing 30$ мм (кресты) для ^{128}Te (внизу) и ^{130}Te (вверху). Кривые - см. текст.

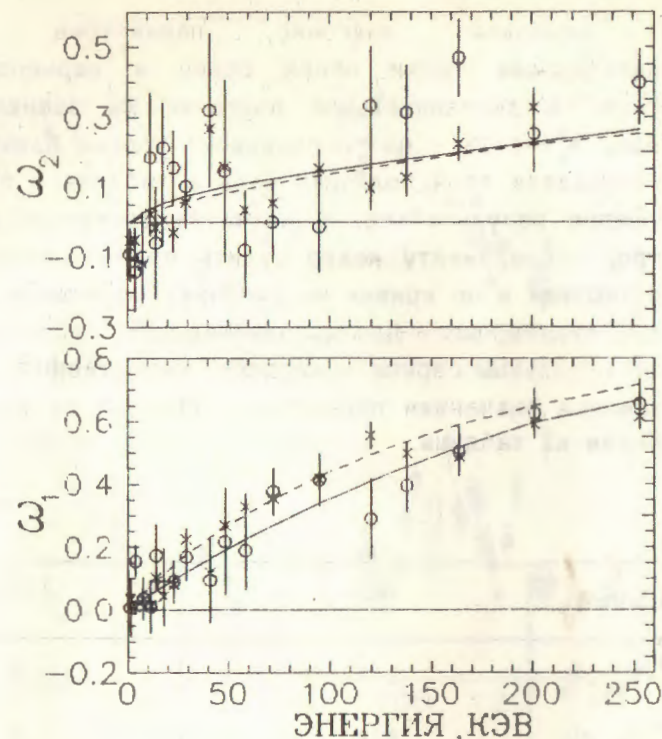


Рис. 2. Параметры анизотропии рассеяния для ^{128}Te , полученные с рассеивателями $\varnothing 20$ мм (кружки) и $\varnothing 30$ мм (кресты). Кривые - см. текст.

^{128}Te , ибо они почти одинаковы у обоих изотопов. Результаты, полученные в первой серии измерений (диаметр рассеивателей 20 мм), изображены кружками, а во второй серии (30 мм) - крестами.

В таблице приведены значения силовых функций и радиусов рассеяния, дающие наилучшее описание экспериментальных точек. Со способом получения этих значений можно познакомиться в работе [2]. Укажем здесь лишь связь радиусов рассеяния $R_J^{\circ} = R[1 - (2J+1)R_J^{\circ}]$ с параметрами вклада далеких уровней R_J° ; радиус ядра брался в виде $R = 1,35A^{1/3}$ фм. Параметры $\bar{\Gamma}_{\gamma}^J / \bar{D}_J$, учитывающие радиационный захват, оценены по данным из [3]; они слабо влияют на другие параметры и оставались фиксированными.

В основной подгонке параметров участвовали экспериментальные точки обеих серий и варьировались пять параметров. В дополнительной подгонке мы зафиксировали для обоих ядер $R_1^0 = -0,23$ - на "нормальном" уровне близких по массе ядер. Результаты этой подгонки даны в таблице в скобках вслед за основными результатами. О качестве соответствия найденных параметров эксперименту можно судить по значениям χ^2 на одну точку в таблице и по кривым на рисунках (сплошным для основной подгонки, пунктирным - для дополнительной). Заметим, что подгонки по отдельным сериям приводили, естественно, к несколько различающимся значениям параметров, средние от которых близки к значениям из таблицы.

Таблица

Параметр	^{128}Te	^{130}Te
$10^4 \cdot \bar{r}_{\gamma_0} / \bar{D}_0$	2.7	1.0
$10^4 \cdot \bar{r}_{\gamma_1} / \bar{D}_1$	8.0	3.0
$10^4 \cdot S^0$	0.04 ± 0.03 (0.28 ± 0.03)	0.00 ± 0.02 (0.10 ± 0.04)
$10^4 \cdot S_{1/2}^1$	2.7 ± 1.0 (11.9 ± 1.0)	2.5 ± 0.8 (10.3 ± 1.2)
$10^4 \cdot S_{3/2}^1$	1.66 ± 0.26 (1.14 ± 0.38)	1.47 ± 0.26 (0.91 ± 0.44)
$R_0', \text{ фм}$	6.29 ± 0.16 (4.55 ± 0.14)	6.28 ± 0.10 (5.09 ± 0.16)
$R_1', \text{ фм}$	6.19 ± 0.31 (11.50)	6.31 ± 0.31 (11.56)
χ^2	1.7 (3.4)	1.8 (4.7)

Обсуждение

На рис. 3 и 4 темными точками изображены полученные нами ранее данные о р-волновых нейтронных параметрах ядер: $3r_{1/2}$ - и $3r_{3/2}$ -максимумы нейтронной силовой функции и характерный ход радиуса R_1' . Результаты для ^{128}Te и ^{130}Te показаны на рисунках

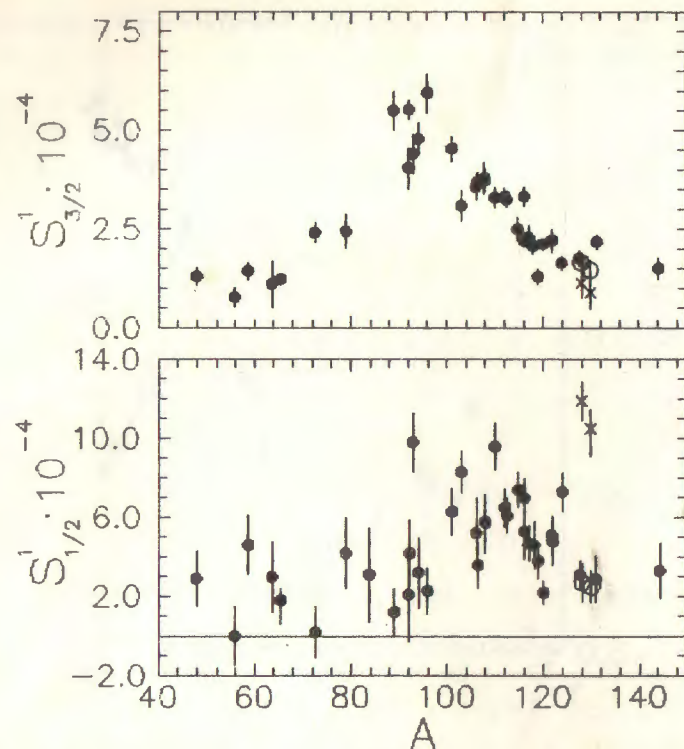


Рис. 3. Экспериментальные значения р-нейтронной силовой функции. Светлые кружки - для изотопов Te в основной подгонке, кресты - в дополнительной.

светлыми точками для основной подгонки и крестами - для дополнительной. В принципе могло случиться, что при основной подгонке итерации остановились в ложном минимуме χ^2 , а в истинном минимуме аномалии R_1' нет. Однако это опровергается результатами дополнительной подгонки. В самом деле, χ^2 в ней больше, чем в основной, энергетический ход σ_s противоречит экспериментально наблюдаемому, а значения $S_{1/2}^1$ неразумно большие. Таким образом, формулируя основной вывод настоящей работы, мы вправе утверждать, что радиусы р-рассеяния на ^{128}Te и ^{130}Te примерно на 50% меньше, чем на ядрах соседних элементов, и на 25% - по сравнению с ядрами естественного теллура. Тогда, учтя результат $R_1' = 8,1 \pm 0,2$ фм для Te, можно предсказать, что шесть более легких изотопов, составляя около

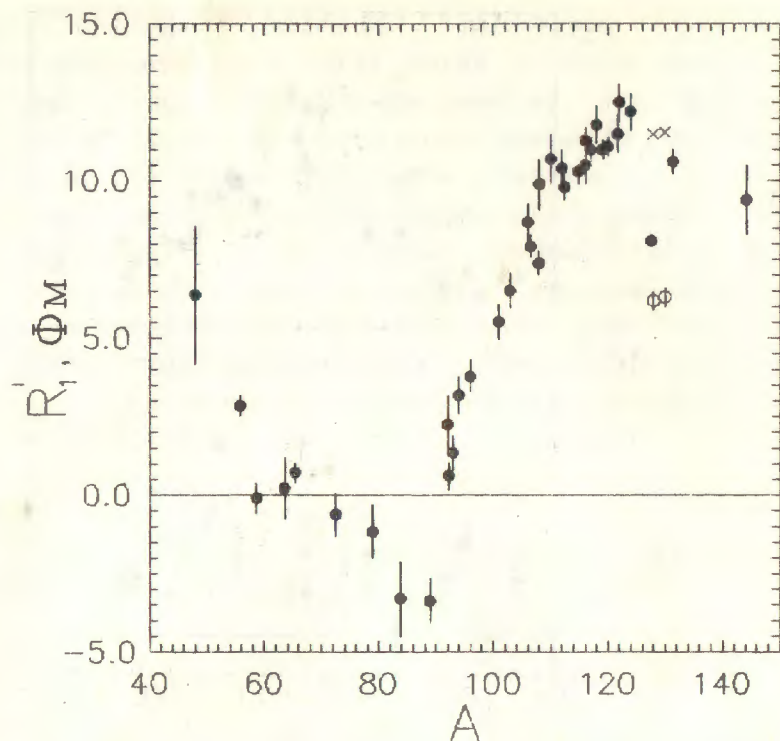


Рис. 4. Экспериментальные значения радиуса р-рассеяния. Светлые кружки - для изотопов Te в основной подгонке, кресты - в дополнительной.

34% в смеси, должны иметь в качестве своего среднего величину $R_1 \approx 12$ фм, т.е. как раз "нормальную" величину.

Что касается теоретической интерпретации аномалии, то этот типично нестатистический эффект можно было бы объяснить образованием в промежуточных ядрах Te^{129} и Te^{131} некоторых простых, или входных, состояний со спинами $1/2^-$ и (или) $3/2^-$, соответствующих энергии падающих нейтронов $\sim 0,3$ МэВ и имеющих ширины в десятки или сотни кэВ. Мы попытались чисто феноменологически оценить их параметры, предположив, что Te есть смесь двух "изотопов", один из которых имеет входное состояние $3/2^-$ и концентрацию 66%.

На рис. 5 представлены наши старые данные для Te из работы [4] до 250 кэВ и данные из [5] выше 350 кэВ. Перепад

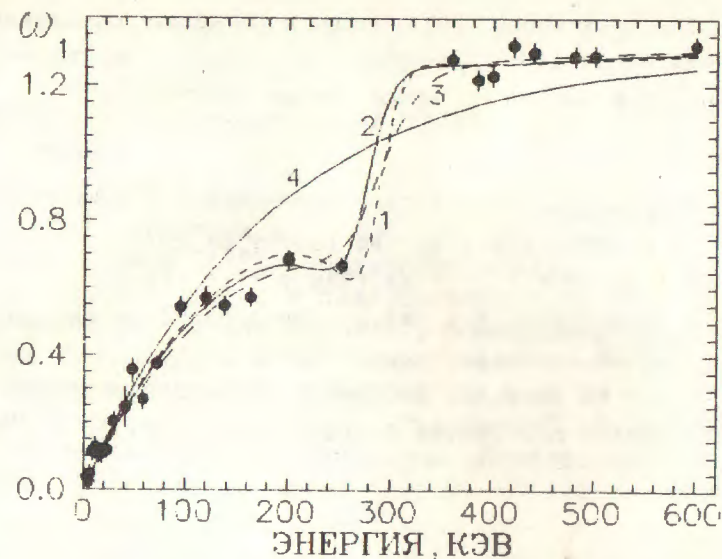


Рис. 5. Описание значений ω_1 для Te с учетом входного состояния $3/2^-$ (кривые 1, 2, 3) и без него (кривая 4). Параметры E_0 , Γ^\uparrow , Γ^\downarrow в кэВ для кривых: 1 - 291, 37, 12; 2 - 281, 42, 24; 3 - 296, 62, 48.

экспериментальных точек ω_1 в районе 300 кэВ как раз характерен для интерференции р-резонанса с потенциальным s-рассеянием. Кривые 1, 2 и 3 на рисунке, соответствующие трем вариантам такого резонанса, рассчитывались из выражения сечения

$$\sigma(\vartheta, E) = \sigma_1(R_0', R_1', S^0, S_{1/2}^1, S_{3/2}^1) + 0.66\sigma_2(E_0, \Gamma_n, \Gamma_\gamma),$$

где функция σ_1 - сечение, усредненное по резонансам, а σ_2 - сечение для изолированного резонанса (выражения для σ_1 и σ_2 можно найти в работе [2]). Нейтронную и радиационную ширины Γ_n и Γ_γ как аргументы функции σ_2 в случае входного состояния обозначают Γ^\uparrow и Γ^\downarrow . При этом ширина $\Gamma^\downarrow = \text{const}$ отвечает переходу в компаунд-состояния, а $\Gamma^\uparrow \sim E^{3/2}$ (для р-состояния) соответствует переходу во входной канал. Все аргументы σ_1 для всех кривых одинаковы, причем $R_1^0 = -0.23$, т.е. $R_1' \approx 11.5$ фм. Кривая 4 получена при $\sigma_2 = 0$ и отвечает отсутствию аномалии в р-рассеянии.

Для надежного установления природы обнаруженного нами явления необходимы дальнейшие эксперименты с изотопами теллура и другими близкими по массе ядрами.

Литература

1. Говоров А.М. и др. ЯФ, 1991, т. 54, с. 1192.
2. Самосват Г.С. ЭЧАЯ, 1986, т. 17, с. 713.
3. Mughabghab S.F. et.al. Neutron Cross Sections, v.1, pt.A, Academic Press, 1981.
4. Зо Ин Ок и др. Сообщение ОИЯИ РЗ-85-133, Дубна, 1985.
5. Smith A.V., Hayes R. Nucl. Phys., 1967, v. A93, p. 609.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 июня 1992 года.

Мицына Л.В., Самосват Г.С.
Об аномальном рассеянии р-нейтронов
ядрами теллура

РЗ-92-230

Из измерений дифференциального сечения рассеяния нейтронов с энергиями до ~ 300 кэВ при трех углах на изотопах ^{128}Te и ^{130}Te определены нейтронные силовые функции S^0 , $S_{1/2}^1$, $S_{3/2}^1$ и радиусы рассеяния R_0^1 и R_1^1 для s- и p-волн. Как и для изученной ранее природной смеси изотопов Te, радиусы p-рассеяния существенно меньше, чем у соседних ядер, но так, что средний R_1^1 для остальных изотопов Te, по-видимому, "нормален". Иллюстрируется возможность объяснить аномалию образованием входных состояний у составных ядер ^{129}Te и ^{131}Te со спинами и четностями $1/2^-$ и (или) $3/2^-$.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод авторов

Mitsyna L.V., Samosvat G.S.
About Anomalous Scattering of p-Neutrons
by Te-Nuclei

РЗ-92-230

The neutron strength functions S^0 , $S_{1/2}^1$, $S_{3/2}^1$ and scattering radii R_0^1 and R_1^1 for s- and p-waves were calculated from differential neutron scattering cross-sections of ^{128}Te and ^{130}Te isotopes measured at up to ~ 300 keV neutron energies for three different angles. As for earlier investigated natural isotope mixture of Te the radii of p-scattering are essentially less than for neighbouring nuclei, while average R_1^1 for the rest isotopes of Te is, apparently, "normal". The possibility is demonstrated to explain this anomaly through doorway states being formed in ^{129}Te and ^{131}Te compound nuclei with spins and parities $1/2^-$ and (or) $3/2^-$.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1992