



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4823 / 2-81

28/9-81

P3-81-432

Ю.А.Александров, В.Г.Николенко, А.Б.Попов,
Г.С.Самосват

О ВЛИЯНИИ
НЕЧЕТНОГО НУКЛОНА ЯДРА-МИШЕНИ
НА p -РАССЕЯНИЕ НЕЙТРОНОВ

1981

1. Одна из трудностей построения ядерного потенциала на основе знания взаимодействия между нуклонами состоит в том, что последнее известно только для свободных нуклонов в вакууме и в ядерной среде может быть существенно иным. Поэтому представляют интерес эксперименты, из которых можно получить сведения о взаимодействии между отдельными нуклонами в ядре. В частности, можно ожидать получения информации об однопионной компоненте ядерных сил в опытах по рассеянию медленных нейтронов ядрами, когда к s -рассеянию добавляется небольшая примесь p -рассеяния^{/1/}. Дело в том, что, во-первых, однопионный обмен дает самое большое взаимодействие между парой нуклонов на больших расстояниях /более ~ 2 Фм/, а, во-вторых, вклад его в полное взаимодействие равен нулю, если нуклон обменивается пионом с системой спаренных нуклонов /имеющей нулевой суммарный спин/. В результате, если сравнивать амплитуды рассеяния нейтронов на четно-четном ядре и ядре, содержащем на один нуклон больше или меньше, может оказаться, что при равенстве s -амплитуд у этих соседних ядер /такие пары можно выбрать по экспериментальным данным о s -рассеянии/ p -амплитуды у них заметно отличаются за счет однопионного взаимодействия налетающего нейтрона с нечетным нуклоном ядра. Заметим, что в столкновениях частиц высоких энергий уже давно, начиная с работы^{/2/}, однопионное взаимодействие определяется как наиболее периферическое, проявляющееся в парциальных волнах с большими орбитальными моментами.

2. Первые же опыты^{/1/}, в которых определялись коэффициенты разложения дифференциального сечения рассеяния

$$\sigma(\theta) \sim 1 + \omega_1 P_1(\cos\theta) + \omega_2 P_2(\cos\theta), \quad /1/$$

где θ - угол рассеяния, показали, что коэффициенты ω_1 , представляющие собой удвоенные отношения амплитуды p -рассеяния к амплитуде s -рассеяния, у нечетных ядер In, J и Bi примерно на 20% отличаются от ω_1 у преимущественно четно-четных ядер /естественная смесь изотопов/ Cd, Te и Pb соответственно. В последующей работе^{/3/} была исследована цепочка из 10 элементов, у которых Ru, Pd, Cd, Sn и Te содержат в основном четно-четные изотопы, а Rh, Ag, In, Sb и J - только нечетно-четные. Результаты показаны на рис.1, где в зависимости

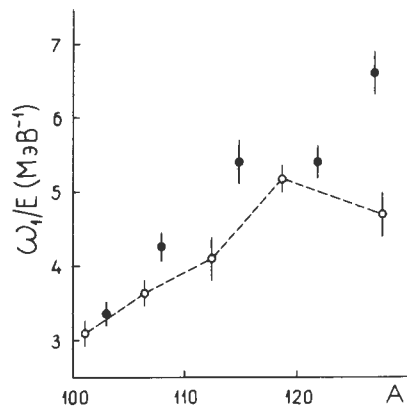


Рис.1. Экспериментальные значения ω_1/E для ядер Ru, Pd, Cd, Sn, Te /светлые точки/ и Rh, Ag, In, Sb, J /темные точки/.

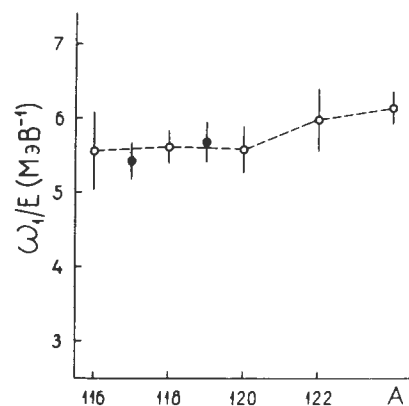


Рис.2. Экспериментальные значения ω_1/E для четных /светлые точки/ и нечетных /темные точки/ изотопов олова.

Таблица

Изотоп	Обогащение /%/	Масса /г/
116	97,8	254,3
117	92,8	171,9
118	98,4	138,1
119	88,8	94,9
120	97,1	207,5
122	95,9	136,0
124	97,0	216,3

от среднего массового числа A даны экспериментальные величины ω_1/E , являющиеся производными линейных функций, описывающих зависимость ω_1 от энергии E рассеиваемых нейтронов вплоть до $E \approx 60$ кэВ. Как видно из рисунка, имеется систематическое, хотя и небольшое, превышение ω_1 у Z -нечетных ядер по сравнению с соседними четно-четными, и это вызвано именно p -амплитудами, поскольку s -амплитуды у соответствующих пар элементов практически равны /см. подробный анализ в /3/ /.

3. В настоящей работе с помощью той же методики, что и в /1,3/, с использованием метода времени пролета на пучке реактора ИБР-30 были измерены интенсивности нейтронов, рассеиваемых на углы $45, 90$ и 135° ядрами изотопов олова. Использовались плоские металлические образцы диаметром около 10 см, обогащение и масса которых приведены в таблице. В 11 энергетиче-

ских интервалах до 60 кэВ были определены коэффициенты ω_1 и ω_2 разложения /1/ и методом наименьших квадратов - параметры ω_1/E . Последние результаты изображены на рис.2, из которого следует, что в противоположность ядрам с нечетным протоном ω_1 у изотопов олова с нечетным нейтроном в пределах ошибок измерений не выделены по сравнению с ω_1 у четно-четных изотопов. То же самое относится и к амплитуде p -рассеяния, так как согласно данным из /4/ радиусы s -рассеяния R' у этих изотопов в пределах $\sim 6\%$ одинаковы.

4. Итак, имеются основания высказать предположение, что во взаимодействии нейтронов с ядрами существует некоторая особенность, благодаря которой нечетный протон ядра вносит в p -рассеяние нейтронов вклад, примерно на порядок больший, чем каждый из остальных нуклонов ядра /выброс ω_1 у Z -нечетных ядер $\sim 10\%$, а число нуклонов в ядрах ~ 100 /. Нечетный же нейтрон ядрами таким свойством не обладает или обладает, но в существенно меньшей степени.

Если эта особенность рассеяния действительно связана с нечетным нуклоном, то различие между протоном и нейтроном можно объяснить следующим образом. Хотя нас интересует p -рассеяние нейтрона на ядре, но во взаимодействии этого нейтрона с отдельными нуклонами существенно только S -состояние, пока энергия не превысит нескольких десятков МэВ. Поэтому в соответствии с принципом Паули на нейтроне нейтрон может рассеиваться только в синглетном спиновом состоянии, тогда как на протоне происходит и синглетное, и триплетное рассеяние. Таким образом, при равенстве амплитуд этих трех видов рассеяния и при отсутствии поляризации рассеяние на нечетном нейтроне должно быть вчетверо слабее рассеяния на нечетном протоне, так как статистический вес синглетного состояния равен $1/4$, а триплетного - $3/4$ /заметим, что сечения рассеяния $p-p$ и $p-p$ на свободных частицах в этом случае равны из-за тождественности двух нейтронов/.

Приведенное рассуждение целиком справедливо, если амплитуда добавочного рассеяния порождается однопионным обменом. Независимо от типа нуклона-рассеивателя соответствующий потенциал для S -состояния имеет вид

$$V(r) = V_0 e^{-\kappa r} / \kappa r \quad /2/$$

в синглетном состоянии и

$$V(r) = V_0 \left[1 + S_{12} \left(1 + \frac{3}{\kappa r} + \frac{3}{\kappa^2 r^2} \right) \right] e^{-\kappa r} / \kappa r \quad /3/$$

в триплетном состоянии, где r - расстояние между сталкивающимися частицами, $k \approx 0,7 \text{ фм}^{-1}$, $V_0 \approx -11 \text{ МэВ}$, а S_{12} - зависящий от углов оператор тензорных сил. Из формул /2/ и /3/ видно, что центральные потенциалы одинаковы, а добавление тензорного потенциала, как известно /см., например, /5,6/ /, слабо влияет на рассеяние нуклонов при низких энергиях. Поэтому можно ожидать, что амплитуды, соответствующие этим потенциалам, имеют близкие значения.

Заметим, наконец, что для получения сколько-нибудь количественно реальной добавки к потенциалу четно-четного ядра дополнительный потенциал, обязанный нечетному нуклону, в частности потенциалы /2/ и /3/, необходимо "размазать" по объему ядра, используя при этом волновую функцию нечетного нуклона. И тот факт, что нейтроны у ядер ^{117}Sn и ^{119}Sn находятся на $s_{1/2}$ -орбите, а протоны у Z-нечетных ядер на орбитах $p_{1/2}$, $d_{5/2}$, $g_{7/2}$ и $g_{9/2}$, также может влиять на результаты, приведенные на рис.1 и 2.

Авторы благодарны А.А.Ложкареву за большую помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Ю.А. и др. ЯФ, 1980, 32, с.1173.
2. Окунь Л.Б., Померанчук И.Я. ЖЭТФ, 1959, 36, с.300.
3. Александров Ю.А. и др. В кн.: Нейтронная физика. Материалы V Всесоюзной конференции по нейтронной физике, Киев, 15-19 сентября 1980 г. ЦНИИАтоминформ, М., 1980, ч.2, с.163.
4. Mughabghab S.F., Garber D.I. BNL-325, 3d Ed., 1973, v.1.
5. Хюльтен Л., Сугавара М. В кн.: Строение атомного ядра. ИЛ, М., 1959, ч.1.
6. Блатт Д., Вайскопф В. Теоретическая ядерная физика. ИЛ, М., 1954, гл.2, §5.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 июня 1981 года.

Александров Ю.А. и др. О влиянии нечетного нуклона ядра-мишени на p-рассеяние нейтронов P3-81-432

Измерены отношения амплитуд p- и s-рассеяния нейтронов с энергиями от 1 до 60 кэВ на изотопах олова-116, -117, -118, -119, -120, -122 и -124. В зависимости от A все отношения ложатся на одну гладкую кривую. Результаты сравниваются с наблюдавшимися ранее выбросами таких отношений для ряда Z-нечетных ядер. Обсуждается возможность проявления в этом однопионного обмена между налетающим нейтроном и нечетным протоном ядра-мишени.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1981

Alexandrov Yu.A. et al. On the Effect of Odd Nucleon of the Target-Nucleus on Neutron p-Scattering P3-81-432

The relations of neutron p- and s-scattering amplitudes on 116, 117, 118, 119, 120, 122 and 124 tin isotopes are measured in the 1 upto 60 keV energy range. All the relations lie on one smooth curve with respect to A. The results are compared with earlier observed jumps of such relations for a number of odd Z-nuclei. A possibility of appearing here one-pion exchange between an incident neutron and odd proton of target-nucleus is discussed.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1981

Перевод аннотации О.С.Виноградовой.