

ВОЗБУЖДЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ В ^{16}O

ПРОТОНАМИ ЭНЕРГИИ В 1 Гэв

С.И. Манаенков

С помощью формфакторов, полученных фитированием электронных данных, проведены расчеты дифференциальных сечений возбуждений уровней 6,05; 6,13; 6,92 и 7,12 мэв в ^{16}O протонами с $E = 1$ Гэв. Результаты сравниваются с экспериментальными данными.

Цель настоящей статьи – сравнить данные по рассеянию электронов [1 – 5] и протонов высокой энергии [6 – 8] на ядре ^{16}O . Для этого используется приближение однократного неупругого соударения (ОНС) [9, 10], так как для расчетов достаточно знания формфакторов и нет необходимости использовать волновые функции ядра. Амплитуда перехода ядра из состояния i в состояние f в результате соударения с протоном в приближении ОНС есть

$$F_{fi}(\mathbf{q}) = A \left\{ f_{NN}(\mathbf{q}) S_{fi}(\mathbf{q}) - \frac{1}{2\pi i k} \iint f_{NN}(\vec{\Delta}) S_{fi}(\vec{\Delta}) \Phi(\mathbf{q} - \vec{\Delta}) d^2 \Delta \right\}. \quad (1)$$

Здесь \mathbf{q} – импульс, переданный ядру ($\hbar = c = 1$), A – его массовое число, f_{NN} – амплитуда упругого нуклон-нуклонного соударения, $k = |\mathbf{k}|$, где \mathbf{k} – импульс налетающего протона, а амплитуда Φ равна

$$\Phi(\mathbf{q}) = \frac{ik}{2\pi} \int e^{i\mathbf{q}\mathbf{b}} \left\{ 1 - \left[1 - \frac{1}{2\pi i k} \iint e^{-i\vec{\Delta}\mathbf{b}} f_{NN}(\vec{\Delta}) S_{ii}(\vec{\Delta}) d^2 \Delta \right]^{A-1} \right\} d^2 b. \quad (2)$$

Входящие в (1) и (2) формфакторы S_{fi} (S_{ii}) связаны с волновыми функциями ядра Ψ_f и Ψ_i соотношением

$$S_{fi}(q) = \frac{1}{A} \int \Psi_f^*(r_1, \dots, r_A) \sum_{j=1}^A e^{iqr_j} \Psi_i(r_1, \dots, r_A) d^3r_1 \dots d^3r_A. \quad (3)$$

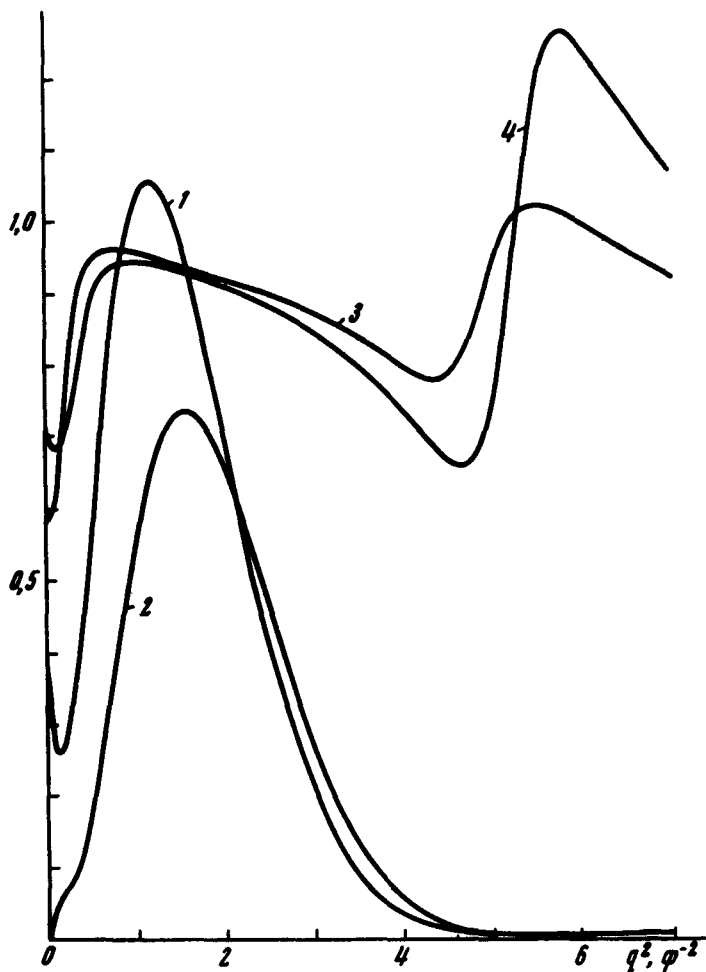


Рис. 1

О точности приближения ОНС по отношению к исходной формуле Глаубера [11, 12] дает представление рис. 1. Кривые 1 и 2 описывают зависимость от q^2 дифференциальных сечений возбуждений $\left(\frac{d\sigma^G}{d\Omega}\right)^B$

$\phi^2/\text{стерад}$) уровней 2^+ в ^{12}C и 3^- в ^{16}O протонами ($E = 1 \text{ Гэв}$), рассчитанных по формулам теории Глаубера с волновыми функциями модели

оболочек [13]. Кривые 3 и 4 показывают поведение отношений $\frac{d\sigma^{\text{ОНС}}}{d\Omega} / \frac{d\sigma^G}{d\Omega}$ для состояний 2^+ и 3^- соответственно. Видно, что в области первого

дифракционного максимума имеется хорошее согласие двух теоретических кривых, поэтому в этой области значений q^2 приближение ОНС может претендовать так же, как и глауберовская теория, на количественное согласие с экспериментом. Рассчитанные полные сечения различаются меньше, чем на 10%.

Т а б л и ц а

$E, \text{Мэв}$	$J^\pi(T)$	N	χ^2	n	A	B	C	$\sigma, \text{мбн}$
6,05	$0^+(0)$	14	12,8	12	5,75	0,1	-0,0175	0,08
6,13(I)	$3^-(0)$	51	84,5	29	3,2	0,19	-0,008	5,33
6,13(II)	$3^-(0)$	51	242,7	29	3,25	0,195	-0,008	5,42
6,92	$2^+(0)$	32	63,0	22	4,8	0,22	-0,019	1,73
7,12	$1^-(0)$	19	45,3	19	4,0	0,14	-0,006	0,56

Поскольку формфакторы, которые даются различными моделями ядра, довольно плохо описывают электронные данные для ^{16}O , они не использовались в расчетах. В данной работе параметры A, B, C формфакторов, которые выбирались в виде ($f \equiv JM, i \equiv 0^+, q$ в ϕ^{-1})

$$S_{JM,0^+}(q) = \sqrt{\frac{4\pi}{2J+1}} Y_{JM}^*(q/q) S_J(q), \quad (4)$$

$$S_J(q) = q^L (B + cq^2) \exp\{-Aq^2/4\}, \quad (5)$$

подгонялись под экспериментальные данные [1–5] методом наименьших квадратов, при этом производились коррекции, учитывающие отдачу ядра и конечные размеры протона. Для уровней 2^+ и 3^- $L = J$, а у состояний 0^+ и 1^- $L = J + 2$, где J – спин возбужденного ядра. Результаты подгонки приведены в таблице. Там же дано общее число экспериментальных точек N , значение κ^2 , число точек n , которое использовалось для подгонки параметров. Связь формфактора с электронным сечением бралась такой же, как в [5]. Для уровня 6,13 Мэв производилось две подгонки: в первой (I) не использовались данные работы [5], в которой $q \geq 1,66 \phi^{-1}$ и не разделены уровни 0^+ и 3^- , во второй (II) – они использовались, причем из экспериментальных значений суммы квадратов формфакторов вычитался квадрат формфактора уровня 6,05 Мэв с параметрами, найденными при фитировании данных для состояния 0^+ [1, 2]. Подобная методика применялась всюду, где уровни экспериментально не разделялись.

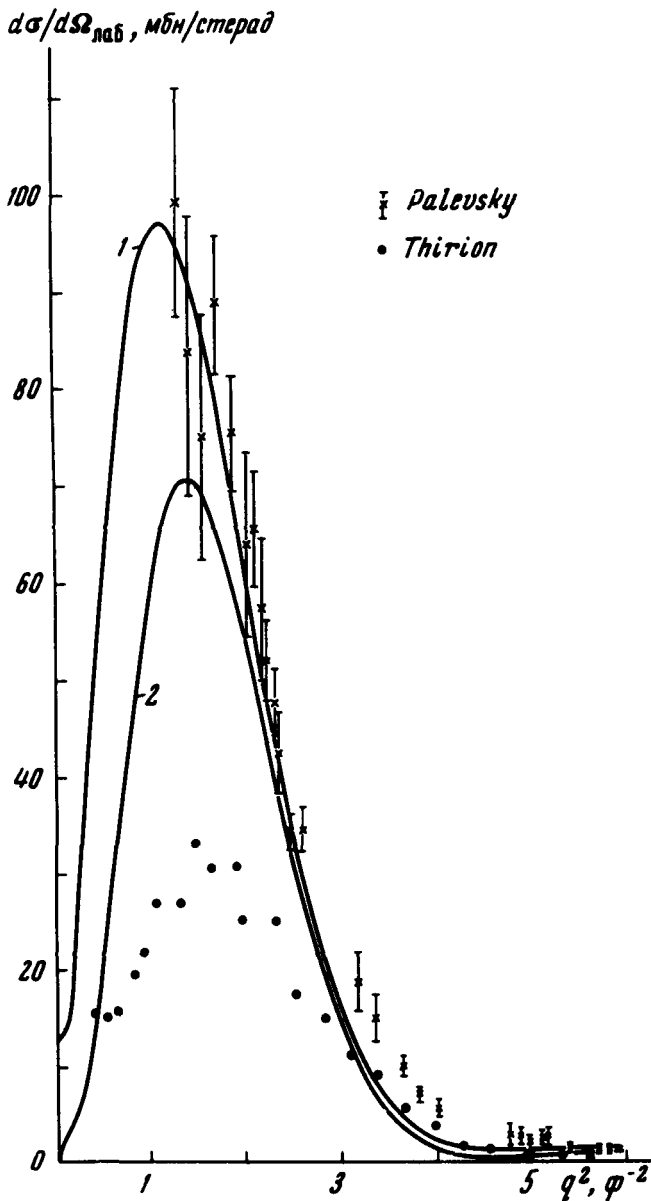


Рис. 2

Найденные из электронных данных формфакторы использовались в расчетах дифференциальных сечений возбуждений уровней ядра кислорода протонами ($E = 1 \text{ Гэв}$). Параметры NN -амплитуды, а также плотности основного состояния ^{16}O взяты из [13]. Из рис. 2 видно, что кривая 1, описывающая зависимость от q^2 суммы сечений возбуждений уровней 0^+ , 3^- , 2^+ , 1^- , хорошо согласуется с данными работы [6]. В таблице приведены полные сечения возбуждений этих уровней протонами. Они, исключая уровень 2^+ , также находятся в согласии с экспери-

ментальными значениями [7]. Теоретическое значение сечения возбуждения уровня $6,92 \text{ Мэв}$ оказалось примерно в три раза больше оценки работы [7]. Причина, по-видимому, заключается в том, что излучение уровня 2^+ имеет нулевую интенсивность при $\theta = 180^\circ$ (θ – угол между импульсом фотона и вектором \mathbf{k}), если пренебречь зависящей от спина частью f_{NN} , а при $\theta = 100^\circ$ происходит сильное доплеровское уширение уровня, и его трудно отделить от фона. Измерения же интенсивности γ -излучения в [7] производились лишь при $\theta = 100^\circ$ и $\theta = 178^\circ$. Нужно отметить, что рассчитанное дифференциальное сечение возбуждения уровня $6,13 \text{ Мэв}$ (кривая 2) не согласуется с предварительными данными работы [8]. Однако предварительные результаты [8] противостоят экспериментальным данным [6].

Автор признателен Ю.А.Симонову, Л.А.Кондратюку, И.И.Левинтову, И.В.Кирпичникову, Н.А.Никифорову и А.С.Старостину за полезные дискуссии.

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
22 марта 1974 г.

Литература

- [1] M.Stroetzel. Z.Phys., 214, 357, 1968.
- [2] J.C.Bergstrom. et al. Phys. Rev. Lett., 24, 152, 1970.
- [3] G.R.Bishop et al. Nucl. Phys., 53, 366, 1964.
- [4] H.Crannell. Phys. Rev., 148, 1107, 1966.
- [5] Y.Torizuka et al. Phys. Rev. Lett., 22, 544, 1969.
- [6] J.L.Friedes et al. Nucl. Phys., A104, 294, 1967.
- [7] Ю.М.Горячев и др. ЯФ, 17, 910, 1973.
- [8] J.Thirion. Nuclear reactions with high energy protons. Intern. Conf. on nuclear physics, Munich, August, 1973.
- [9] V.V.Karapetyan et al. Nucl. Phys., A203, 561, 1973.
- [10] Л.А.Кондратюк, Ю.А.Симонов. Письма в ЖЭТФ, 17, 619, 1973.
- [11] Р.Глаубер. УФН, 103, 641, 1971.
- [12] А.Г.Ситенко. УФЖ, 4, 152, 1959.
- [13] R.H.Bassel, C.Wilkin. Phys. Rev., 174, 1179, 1968.