

КЛАСТЕРНАЯ СТРУКТУРА ЛЕГКИХ ЯДЕР И ДЛИННОПРОБЕЖНЫЕ α -ЧАСТИЦЫ

Cluster Structure of Light Nuclei and Long-Range Alpha-Particles

О. А. Абдинов, В. С. Барашенков

Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных реакции, Дубна*

(Поступила в редакцию 31 августа 1971)

Показано, что α -частицы с энергиями $T \geq 32$ Мэв, наблюдавшиеся в опытах по облучению углерода 660-Мэвными протонами, могут быть интерпретированы как α -кластеры, выбитые из ядра в процессе развития внутриядерного каскада. Изучение свойств этих частиц может дать важную информацию о кластерной структуре легких ядер.

It is shown that alpha-particles with energies $T \geq 32$ MeV which are found in the interactions of 660 MeV protons with carbon, can be interpreted as alpha-clusters removed from the nucleus in the process of the development of the nuclear cascade. The study of the properties of these fast alpha particles may provide important information on the cluster structure of light nuclei.

В опытах по неупругому взаимодействию 660-Мэвных протонов с ядрами углерода [1] около четверти „каскадных“ α — частиц обладает таномально высокой энергией $T \geq 32$ Мэв. Столь большой процент длиннопробежных α — частиц нельзя объяснить с помощью какого-либо из известных до настоящего времени механизмов неупругих протон-ядерных взаимодействий. В частности, в рамках общепринятой модели внутриядерных каскадов, даже если принять во внимание выбивание из ядра α — кластеров и учесть возможность образования α — частиц при распаде сильно возбужденных остаточных ядер, доля α — частиц с энергией $T \geq 32$ Мэв составляет всего лишь несколько процентов [2, 3].

Можно, однако, думать, что учет уменьшения плотности числа внутриядерных нуклонов в результате их выбивания в процессе внутриядерного каскада [4] должен привести к существенному увеличению доли высокоэнергетических α — частиц. Это связано с тем, что благодаря большой величине сечения неупругих

* Адрес: Объединный институт ядерных исследований, Москва, пл 79, СССР.

N - α взаимодействий из ядра вылетает лишь часть выбиваемых α -кластеров¹, поэтому даже относительно небольшое уменьшение числа внутриядерных нуклонов на пути выбиваемых α -частиц должно заметно сказаться на выходе высокоэнергетической компоненты α -частиц (свойства низкоэнергетической компоненты в значительной степени обусловлены распадом возбужденных остаточных ядер).

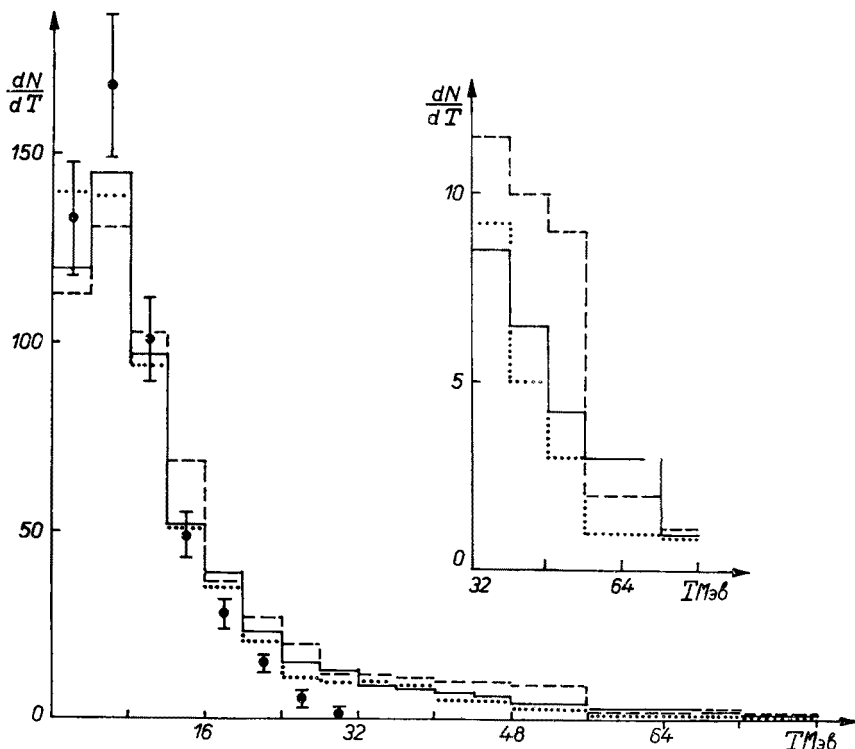


Рис. 1. Энергетический спектр α -частиц, вылетающих из ядер ^{12}C , облученных протонами с энергией 660 Мэв. Сплошная, пунктирная и точечная гистограммы — результат расчета соответственно для вариантов A, B, C, перечисленных в таблице I. Экспериментальные точки взяты из работы [1]

Как видно из рис. 1, расчет подтверждает эти соображения: учет уменьшения числа внутриядерных нуклонов увеличивает долю длиннопробежных каскадных α -частиц приблизительно до 20%.

Расчеты были выполнены методом Монте-Карло с учетом диффузности ядрамишени и процессов пионообразования при различных предположениях о числе и пространственном распределении α -кластеров внутри ядра (остальные детали вычислений те же, что и в работе [3]; в частности, распад возбужденных остаточных ядер рассчитывался по статистической теории Ферми).

¹ Средний свободный пробег α -частиц в ядре ^{12}C в 5-10 раз меньше среднего радиуса $R=3,2 \cdot 10^{-13}$ см; для каскадных протонов отношение l/R в 4-5 раз больше.

Наилучшее согласие с опытом (см. рис. 1 и таблицу I) получается, если α -кластеры распределяются преимущественно на периферии ядра и их число в ядре ^{12}C $N_\alpha \simeq 0,7-0,8$, что соответствует вероятности коагуляции нуклонов в α -кластеры $\omega_\alpha \sim 20-25\%$.

Из рис. 1 также видно, что в области $T \geq 32$ Мэв спектр α -частиц весьма чувствителен к предположениям о распределении α -кластеров, в то время как основная

ТАВЛИЦА I

Число α -кластеров в сферическом слое с радиусами r_1-r_2 , n_α — число вылетевших из ядра каскадных α -частиц ($n_\alpha^{\text{экс}} = 0,15 \pm 0,02$ [1]), в скобках указано суммарное число каскадных и «распадных» α -частиц; σ_{in} — сечение неупругих взаимодействий $p+^{12}\text{C}$ ($\sigma_{\text{in}}^{\text{экс}} = 227 \pm 12$ mb [5])

Вариант расчета r_1-r_2 , 10^{-13} см	A	B	C
0-1,14	0,1	0,1	0,1
1,14-2,93	0,1	0,2	0,2
2,93-4,53	0,83	0,56	0,28
n_α	0,16 (0,53)	0,17 (0,54)	0,11 (0,49)
σ_{in} , mb	210	223	230

часть спектра, соответствующая меньшим энергиям, слабо зависит от кластерной структуры ядра-мишени.

Длиннопробежные α -частицы вылетают, в основном, в области больших углов $\theta \sim 80^\circ$ (см. рис. 2).

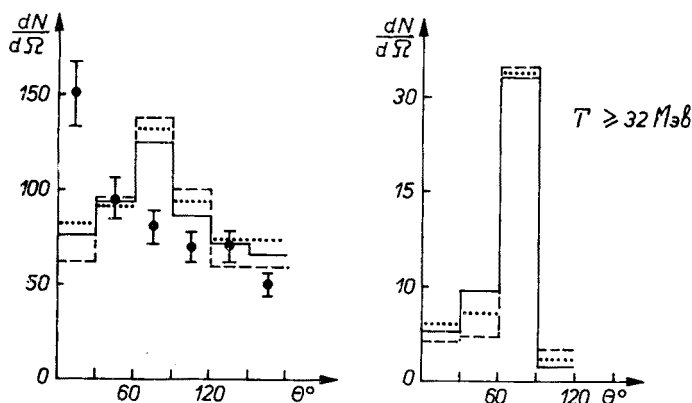


Рис. 2. Угловое распределение α -частиц, вылетающих из ядер ^{12}C под действием 660-Мэвных протонов. Все обозначения, как на рис. 1. Отдельно показано угловое распределение α -частиц с энергиями $T \geq 32$ Мэв

Нельзя не заметить, что расчетные угловые распределения α -частиц значительно хуже согласуются с опытом, чем их энергетические спектры: на опыте наблюдается большее число частиц, вылетающих под малыми углами. Никаким разумным варьированием параметров модели это расхождение устранить не удастся. Вместе с тем анализ методики измерений [1] показывает, что при небольших углах в экспериментальные значения $dN/d\Omega$ существенный вклад могли дать неучтенные ядра ${}^3\text{He}$. Некоторую часть расхождений, возможно, удастся устранить путем более тщательного квантово-механического рассмотрения взаимодействий протонов с α -кластерами на далекой периферии ядра ${}^{12}\text{C}$.

В этой связи представляет интерес более тщательное исследование свойств длиннопробежных α -частиц, в частности — измерение их спектров под различными углами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А. П. Жданов, П. И. Федотов, *ЖЭТФ*, **43**, 835 (1962).
- [2] О. Б. Абдинов, В. С. Барашенков, *Acta Phys. Polon.*, **V1**, 65 (1970).
- [3] О. Б. Абдинов, В. С. Барашенков, *Сообщения ОИЯИ* P2-5023 (1970), P4-5479 (1970).
- [4] В. С. Барашенков, А. С. Ильинов, В. Д. Тонеев, *ЯФ*, **13**, 743 (1971); *Сообщение ОИЯИ* E2-5282 (1970).
- [5] В. М. Москалев, Б. В. Гавриловский, *ДАН СССР*, **110**, 972 (1956).