

С 343 К
Б-245

15/III - 65

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-1978



ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

В.С. Барашенков, В.М. Мальцев, В.Д. Тонеев

ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ НА Ir , Ta И Er ,
ВЫЗВАННЫЕ ПРОТОНАМИ
С ЭНЕРГИЕЙ ДО 85 МЭВ

1965

P-1978

В.С. Барашенков, В.М. Мальцев, В.Д. Тонеев

ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ НА Ir , Ta И Os ,
ВЫЗВАННЫЕ ПРОТОНАМИ
С ЭНЕРГИЕЙ ДО 85 МЭВ

Направлено в Изв. АН СССР, сер. физич.

3006/2 48

УДК 537.873.01
ИЗДАНИЕ
1978

Известно, что каскадно-испарительная модель нуклон-ядерных взаимодействий дает достаточно хорошие результаты при энергиях налетающих нуклонов, больших нескольких десятков Мэв^{/1-4/}. Это обусловлено тем, что длина дебройлевской волны налетающего нуклона при этих энергиях значительно меньше среднего расстояния между внутриядерными нуклонами, благодаря чему взаимодействие первичного нуклона с ядром удается свести к серии последовательных нуклон-нуклонных столкновений. С другой стороны, при энергиях $T \leq 20 \text{ Мэв}^x)$ ядерные реакции почти целиком идут через образование компаунд-ядра.

В области промежуточных энергий существенны как прямые взаимодействия, так и взаимодействие, идущее через компаунд-ядро. Представляет интерес определить относительный вклад в эту область каскадно-испарительного механизма нуклон-ядерных взаимодействий. Подобное исследование стимулируется еще и тем обстоятельством, что в области энергий $T = (8 \div 85) \text{ Мэв}$ недавно были получены новые экспериментальные данные для ядер Ta , Ir и Et ^{/5,6,7/}.

Нами были рассчитаны функции возбуждения для реакций (p, xn) при $x = 1, 2, 3 \dots$ Расчеты были выполнены методом Монте-Карло^{xx)} на электронной счетной машине ОИЯИ при двух различных предположениях о механизме возбуждения ядра:

- 1) ядро возбуждается за счет захвата налетающего протона с образованием компаунд-ядра;
- 2) при столкновении первичного протона с ядром реализуется внутриядерный каскад, после которого ядро остается в возбужденном состоянии. В обоих случаях снятие возбуждения происходило путем испарения нуклонов. Функции возбуждения, вычисленные в предположении 1 и 2, суммировались соответственно с весами k и $(1-k)$, где k - относительная вероятность процессов с образованием компаунд-ядра. Эту вероятность при каждом значении энергии первичного протона мы подбирали, исходя из наилучшего согласия с опытом суммарных расчетных функций возбуждения для ядра Ta^{181} . Результаты расчетов представлены на рис. 1, из этого рисунка видно, что с

x)

Здесь и везде далее T - кинетическая энергия первичного нуклона в лабораторной системе координат.

xx)

Представленные результаты рассчитаны с параметром плотности уровней $a = A/20 \text{ Мэв}^{-1}$ и $R = 1,3 \cdot 10^{-13} \text{ А}^{1/3} \text{ см}$. Использование параметра $a = A/10 \text{ Мэв}^{-1}$ приводит к сдвигу всех максимумов функций возбуждения (p, xn) в сторону меньших энергий.

экспериментом согласуется не только общее поведение функций возбуждения, но и поведение их абсолютных значений. Исключение составляет реакция ($p, 4n$), экспериментальные значения которой оказываются систематически ниже расчетных, и реакция (p, n), особенно при $T > 15$ Мэв.

Для первой реакции различие, по-видимому, связано с флуктуациями в полном сечении взаимодействия, которые не были отражены в наших расчетах. Экспериментальные указания на подобные флуктуации в этой же области энергии для близких ядер Рь и В содержатся в работе^{18/}. Различие эксперимента и теории для реакции (p, n) указывает на возможность других механизмов взаимодействия, отличных от рассмотренных нами. Энергетическая зависимость вероятности протон-ядерных взаимодействий, идущих через компаунд-ядро, приведена на рис. 2. На этом же рисунке представлена теоретическая кривая вероятности полного поглощения налетающего нуклона при каскадном механизме его взаимодействия с ядром. Хотя кривые на рис. 2 заметно различаются, влияние этого различия на функции возбуждения оказывается незначительным. Например, уменьшение величины k на 0,12 при $T = 48$ Мэв приводит к уменьшению сечения реакции ($p, 5n$) всего лишь на 100 мб, что существенно меньше экспериментальной ошибки $\Delta\sigma = 230$ мб.

Используя полученную из сравнения с экспериментом зависимость $k(T)$, мы рассчитали функции возбуждения для реакций типа ($p, p\alpha$) на ядре Ta^{181} . Чем больше значения x и T , тем лучшим оказывается согласие этих функций с экспериментом. Как видно из рис. 3, очень хорошее согласие с опытом получено в случае реакции ($p, p4n$).

Следует отметить, что при $T > (40 \pm 50)$ Мэв основной вклад в реакции, сопровождающиеся вылетом заряженных частиц, происходит от каскадного механизма взаимодействия. Сильно заниженные сечения реакций ($p, p\alpha$) и ($p, p2n$) свидетельствуют о существенном вкладе в сечения таких реакций процессов типа "квазисвободного" рассеяния протона. В рамках каскадно-испарительной модели учесть подобные процессы, вероятно, можно путем корректного введения диффузий границы ядра.

В работах^{16,7/} при $T = (7 \pm 87)$ Мэв изучались ядерные реакции на ядрах Ir и βr , однако полученные при этом экспериментальные данные весьма бедны. Используя кривую зависимости $k(T)$ для ядра Ta^{181} , можно получить удовлетворительное согласие теоретических функций возбуждения с опытом и для ядер Ir и βr .

Таким образом, мы можем заключить, что каскадно-испарительная модель нуклон-ядерных взаимодействий в области энергий $T = (20 \pm 80)$ Мэв также дает правильное описание процесса взаимодействия. Однако эта модель оказывается не в состоянии отразить ряд более тонких явлений, таких, например, как обменное (p, n) рас-

сеяние, флуктуации в полном сечении взаимодействия, квазисвободное рассеяние с последующим испусканием одного или двух нейтронов. Частичное улучшение модели возможно путем введения диффузной границы ядра.

Л и т е р а т у р а

1. N. Metropolis, R. Bivins, M. Storm, A. Turkevitch, J. M. Miller, G. Friedlander . Phys. Rev., 110, 185, 204 (1958).
2. В.С. Барашенков, В.М. Мальцев, В.Д. Тонеев. Доклад на XV ежегодной конференции по ядерной спектроскопии. Минск, 1965 г.
3. В.Д. Тонеев. Nucl. Phys. (в печати).
4. В.С. Барашенков, А.В. Бояджиев, Л.А. Кулюкина, В.М. Мальцев. Атомная энергия, 18, 515 (1964).
5. C. R. Rao, L. Yaffe. Can. J. Chem., 41, 2576 (1963).
6. G. R. Grant, L. Yaffe. Can. J. Chem., 41, 2533 (1963).
7. G. V. Rayndu, L. Yaffe. Can. J. Chem., 41, 2544 (1963).
8. R. E. Bell, H. M. Skarsgard. Can. J. Phys., 34, 745 (1956).

Рукопись поступила в издательский отдел
30 января 1965 г.

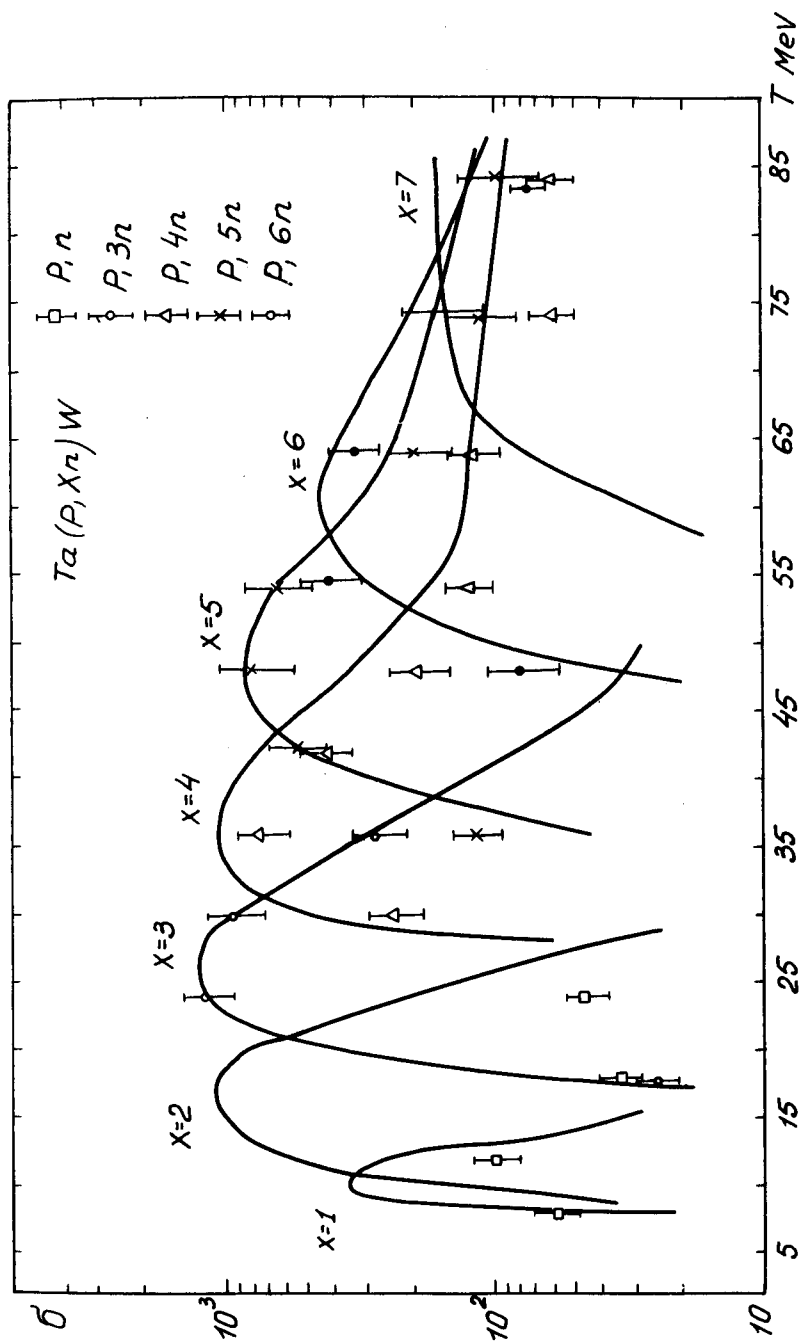


Рис. 1. Функции возбуждения для ядра Ta^{181} . Экспериментальные точки взяты из работы /5/.

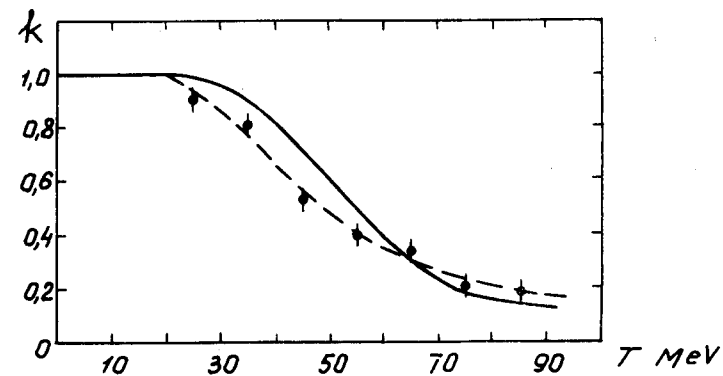


Рис. 2. Изменение относительной вероятности k процессов, идущих через образование составного ядра, с энергией налетающего протона T . Сплошная кривая получена путем подгонки функций возбуждения к их экспериментальным значениям. Пунктирная кривая получена с помощью обычных каскадных расчетов.

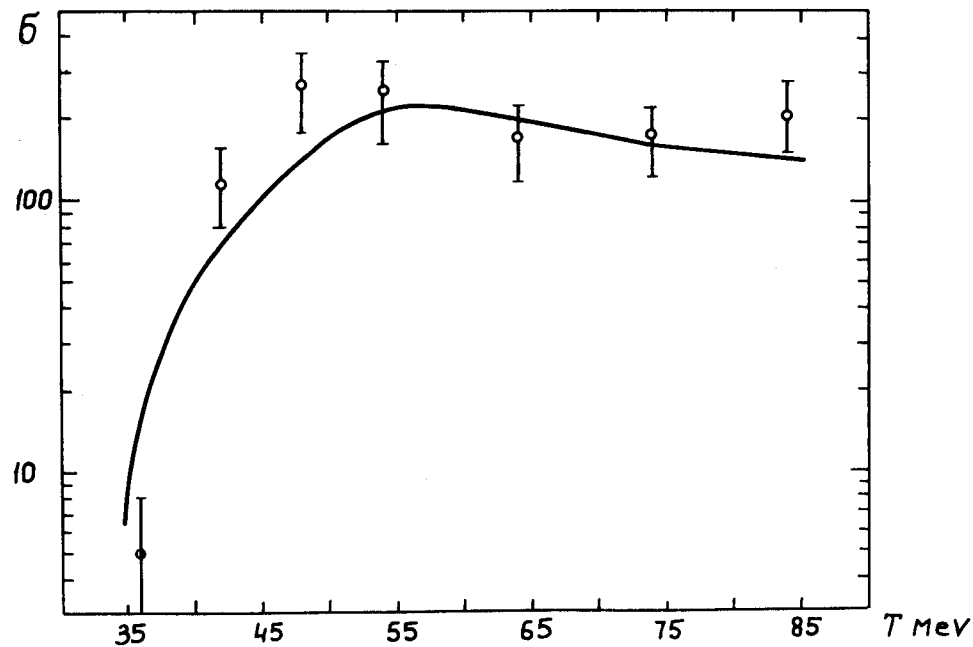


Рис. 3. Функция возбуждения реакции $Ta^{181}(p, p4n)Ta^{177}$. Экспериментальные точки взяты из работы /5/.