Доклады Академии наук СССР
1955. Том 103, № 3

ФИЗИКА

Н. А. ПЕРФИЛОВ, О. В. ЛОЖКИН и В. П. ШАМОВ

О ВЫХОДЕ ДЕЛЕНИЯ И ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ЗАХВАТЕ π^--МЕЗОНОВ ЯДРАМИ U, Bi И W*

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 18 III 1955)

В настоящей работе изучены соотношения между вероятностями деления и звездообразования для ядер U, Bi и W при захвате ими медленных π^--мезонов.

Для этой цели элементы U, Bi и W в виде мелкораздробленных окисей U_3O_8, Bi_2O_3 и WO_3 вводились в средний слой трехслойных фотопластинок **. Достаточно мелкие размеры крупинок вводимых веществ получались путем последовательного отмучивания взболтанных в воде порошков окисей. В наших опытах размеры введенных кристалликов колебались от 1,5 до 5 μ. Специальными опытами было установлено, что при проявлении и фиксировании фотослоя размеры кристалликов окисей не изменяются, т. е. в условиях опыта для выбранных веществ растворимость пренебрежимо мала.

Для введенных в фотоэмульсию окисей металлов имеется два элемента, с которыми может происходить взаимодействие мезонов, однако делиться будут только металлы, а при оценке числа звезд, образованных на металле и кислороде, мы исходили из предположения, что взаимодействие мезонов с ядрами пропорционально Z ядер (1).

При подсчете числа наблюденных звезд на крупинках введенного вещества учитывалось, что при деформации фотослоя после фиксирования часть звезд от взаимодействия с мезонами элементов фотослоя (Ag, Br, O, N, C) сблизится с введенными частицами и может быть принята за образовавшиеся на частицах. Число таких ложных звезд значительно, однако их можно учесть (2).

Результаты просмотра трехслойных пластинок, облученных медленными π^--мезонами, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вещество, введенное в фотослой	Средний размер частиц в μ	Наблюден. число звезд	Истин. число звезд на введен. частицах	Число звезд на тяжел. элементе	Число делений	Число звезд на одно деление
U_3O_8	1,6	210	0÷30	0÷24	10	0÷2,4
Bi_2O_3	5	250	130	114	2	57
WO_3	3	600	176	133	1	133

Из данных таблицы получаем для вероятностей деления следующие значения: от 1,0 до 0,3 для U, около 0,02 и 0,007 для Bi и W, соответственно. Более поздние опыты, поставленные в нашей же лаборатории (3),

* Исследования, на основе которых написана статья, проведены в 1950—1951 гг. Результаты были оформлены в отчетах.

** Трехслойные пластинки были приготовлены в нашей лаборатории.

показали, что вероятность деления у W по отношению к вероятности звездообразования (или числу захваченных ядрами мезонов), повидимому, меньше 0,002.

Помимо выяснения вопроса о соотношении между вероятностями деления и звездообразования для ядер U, Bi и W, был выяснен также и тип звезд, образующихся при захвате π^--мезонов тяжелыми ядрами. Анализ опытных данных показал, что для элементов с $Z \geqslant 74$ подавляющее большинство захватов π^--мезонов ядрами приводит к образованию безлучевых и однолучевых звезд. Результаты приведены на рис. 1. Если экстраполировать * кривые до $Z = 92$, то можно оценить среднее число заряженных частиц, приходящихся на один захват π^--мезона ядром урана; получим примерно 0,12. Следовательно, около 12% случаев приведут к образованию однолучевых звезд, а остальные 88% — к образованию безлучевых звезд.

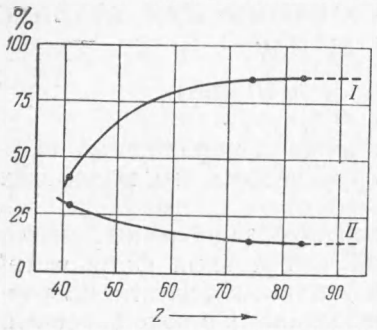


Рис. 1. Зависимость относительного числа безлучевых (*I*) и однолучевых (*II*) звезд от заряда ядра, захватывающего медленный π^--мезон

Для вероятности деления U по данным табл. 1 получим значение от 1 до 0,3. Более поздние исследования, выполненные в нашей лаборатории ([4]), дали значение ближе к 0,3.

Согласно полученным экспериментальным результатам, мы можем сделать следующие выводы:

1. При захвате π^--мезонов тяжелыми ядрами от $Z = 92$ до $Z = 74$ могут происходить реакции деления ядер, причем вероятность деления уменьшается от 0,3 для U до величины, возможно, меньшей 0,002 для W.

2. Остальные случаи взаимодействия π^--мезонов с тяжелыми ядрами приводят к образованию преимущественно однолучевых и безлучевых звезд.

Такие результаты позволяют сделать некоторые заключения о механизме делительного процесса.

В процессе взаимодействия медленного π^--мезона с нуклонами тяжелого ядра последнее возбуждается, в среднем, до энергии ~ 100 Мэв ([5]). Для возбужденных ядер возможны, по крайней мере, три процесса перехода в состояние с минимальной энергией: а) испускание частиц из ядра; б) испускание γ-квантов и в) деление.

Соответствие среднего числа заряженных частиц, приходящихся на один захват π^--мезона ядром урана (0,12), с числом сложных делений ядра урана при захвате π^--мезона (0,1) ** позволяет полагать, что при указанной энергии возбуждения с наибольшей вероятностью будет осуществляться процесс излучения частиц из ядра (в основном нейтронов).

При понижении энергии возбуждения в процессе излучения нейтронов увеличивается относительная вероятность двух других процессов, причем вероятность деления растет и по абсолютной величине вследствие роста Z^2/A. Для U, захватившего π^--мезон, вероятность деления, повидимому, после испускания 8—9 нейтронов будет преобладающей.

Для ядер с меньшим Z при понижении энергии возбуждения путем испускания частиц до величины энергии активации (которая определяет порог для деления при данном Z^2/A) сумма вероятностей излучения частиц и γ-квантов всегда будет больше вероятности деления, причем раз-

* Прямое определение числа звезд на кристаллах U_3O_8 было затруднено тем, что частицы окиси U_3O_8 обладают свойством образовывать конгломераты при введении в слой.

** По данным работы Н. А. Перфилова и Н. С. Ивановой ([6]) 10% делений ядер урана при захвате π^--мезона сопровождается вылетом легкой заряженной частицы (чаще всего протона).

ница будет возрастать с уменьшением Z. Поэтому для ядер в области Bi будут осуществляться главным образом первые два процесса: излучение частиц при больших энергиях возбуждения и γ-квантов при малых энергиях возбуждения.

Деление урана с излучением легкой заряженной частицы при захвате медленного π^--мезона находит естественное объяснение как деление, происшедшее после испускания одной заряженной частицы и нескольких нейтронов. Деление висмута при захвате π^--мезона не противоречит эмиссионной гипотезе: после испускания 7—8 нейтронов порог для деления снижения до величины $\sim$ 7 Мэв, после чего ядро имеет определенную вероятность разделиться.

Расчет для W показывает, что для понижения порога для деления до величины порядка энергии связи нейтрона в ядре необходимо предварительное излучение 15—16 нейтронов, для чего потребуется энергия возбуждения $\sim$ 280 Мэв. Это значение в 2 раза превышает максимально возможную энергию при захвате ядром π^--мезона. Если считать, что факт деления W при захвате медленного π^--мезона установлен, то из сказанного выше следует вывод, что W в данном случае делится с возбужденного уровня, который расположен значительно выше уровня, соответствующего делению согласно эмиссионной гипотезе.

Первые указания на деление тяжелых ядер при захвате медленных π^--мезонов были получены Н. А. Перфиловым и Н. С. Ивановой в марте 1950 г. ([7]) и, независимо, И. М. Франком и Г. Е. Беловицким в первой половине 1950 г. Основные результаты описанной работы были оформлены в виде отчета ([2]) к декабрю 1951 г. В октябре 1951 г. и в 1953 г. появились работы ([8, 9]), в которых вероятность деления ядер U при захвате медленных π^--мезонов оценивается значениями около 1 и 0,18, соответственно.

В заключение авторы выражают признательность М. Г. Мещерякову и его сотрудникам за содействие в работе. С глубокой благодарностью вспоминают авторы ныне покойного акад. П. И. Лукирского, проявлявшего постоянный интерес к данной работе и участвовавшего в обсуждении результатов.

Радиевый институт им. В. Г. Хлопина
Академии наук СССР

Поступило
15 III 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] E. Fermi, E. Teller, Phys. Rev., **72**, 399 (1947). [2] Н. А. Перфилов. О. В. Ложкин, В. П. Шамов, Отчет радиевого инст. АН СССР, 1952, [3] Н. А. Перфилов, А. В. Пыркин, Отчет Радиевого института АН СССР, 1953. [4] О. В. Ложкин, В. П. Шамов, Отчет Радиевого инст. АН СССР, январь, 1954. [5] M.G.K. Menon et al., Phil. Mag., **41**, 583 (1950). [6] Н. А. Перфилов, Н. С. Иванова, Отчет Радиевого инст. АН СССР, 1951. [7] Н. А. Перфилов, Н. С. Иванова, Отчет Радиевого инст. АН СССР, март, 1950. [8] S. G., Al-Salam, Phys. Rev., **84**, 254 (1951). [9] W. John, W. Fry, Phys. Rev., **91**, 1234 (1953).