Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 4

ФИЗИКА

А. А. РЕУТ, С. М. КОРЕНЧЕНКО, В. В. ЮРЬЕВ и Б. М. ПОНТЕКОРВО

ПОПЫТКА ОБНАРУЖЕНИЯ ЯДРА H^4 СРЕДИ ПРОДУКТОВ РАСЩЕПЛЕНИЯ УГЛЕРОДА ПРОТОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 300 Мэв*

(Представлено академиком Л. А. Арцимовичем 5 V 1955)

Среди большого числа радиоэлементов, известных в настоящее время, число короткоживущих β-активных элементов относительно мало. К ним, в частности, относятся элементы, переходящие в результате β-распада в Be^8 и C^{12}.

В табл. 1 приведены некоторые β-активные элементы, которые характеризуются относительно коротким полупериодом распада $T_{1/2}$ и значительной величиной максимальной энергии E_β испускаемых β-частиц.

Таблица 1

Элементы	Тип распада	$T_{1/2}$ в сек.	E_β в Мэв
Li^8	β^-	0,88	12,7
B^8	β^+	0,65	13,7
B^{12}	β^-	0,022	13,4
N^{12}	β^+	0,0125	16,6

Следует обратить внимание на отсутствие радиоэлементов, которые, испуская β-частицы, превращались бы в основной изотоп гелия. Такими радиоэлементами могли бы быть Li^4 и H^4.

Из энергетических соображений почти однозначно следует, что ядро Li^4 не существует. Трудно сделать определенное заключение о существовании ядра H^4, стабильного относительно распада на тяжелые частицы.

Предполагая, что ядро сверхтяжелого водорода существует, можно ожидать, что в силу принципа Паули и зарядовой инвариантности ядерных сил масса ядра H^4 приблизительно равна массе ядра He^4 в первом возбужденном состоянии, при этом необходимо учесть разницу масс протона и нейтрона, а также изменение величины электростатической энергии. Если действительно существует возбужденное состояние ядра He^4 с энергией возбуждения меньше 20—21 Мэв, то можно рассчитывать на то, что ядро H^4 будет стабильно относительно распада на тяжелые частицы и, следовательно, β-активно. При этом энергия β-частиц должна быть около 20 Мэв.

* Опыты выполнены в течение 1951—1952 гг. и результаты их изложены в отчете Института ядерных проблем АН СССР (1). Сведения, появившиеся в литературе после написания этого отчета, не обсуждаются.

Изучение процесса взаимодействия протонов с ядром H^3 ([2],[3]) дало некоторые указания на наличие возбужденного состояния ядра He^4 с энергией возбуждения около 21 Мэв. Однако результаты опытов ([4]) (реакция He^3 (d, p) He^4 при малых энергиях дейтронов) и ([5]) (рассеяние протонов на гелии) поставили под сомнение реальность возбужденного состояния α-частицы с энергией возбуждения ниже 21 Мэв.

Исходным пунктом опытов по поискам H^4 было предположение о том, что процесс $H^4 \rightarrow He^4 + \beta^- + \nu$ может быть разрешен, и в этом случае полупериод распада такого ядра, возможно, будет равен нескольким миллисекундам. Ядро H^4 может образоваться, например, при распаде возбужденного ядра Li^{8*} ($Li^{8*} \rightarrow He^4 + H^4$), когда последнее возникает при взаимодействии быстрых протонов со сложными ядрами, подобно тому как образуется Li^8, Be^8 и т. п. в ядерных расщеплениях (звездах).

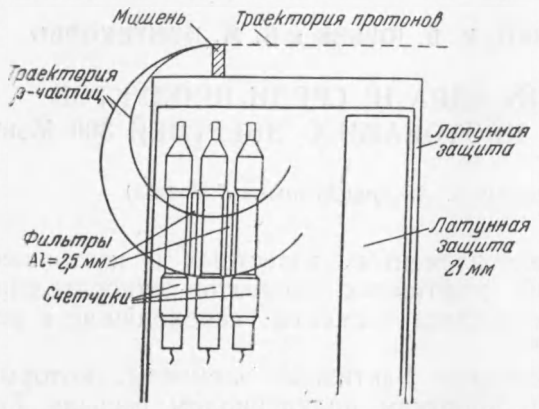


Рис. 1.

Импульсный характер работы синхроциклотрона в принципе благоприятствует выполнению этой задачи так же, как вообще решению ряда вопросов, связанных с изучением короткоживущих радиоэлементов.

Для поисков β-активных ядер, полупериоды распада которых лежат в интервале от 2 до 10 мсек., был использован телескоп из трех пропорциональных счетчиков, установленный внутри камеры синхроциклотрона в непосредственной близости от мишени из углерода толщиной 5 мм (рис. 1).

Во время опытов встретились две принципиальные трудности, если не считать трудность, связанную с большой загрузкой счетчиков в момент импульса синхроциклотрона.

1. Наличие между импульсами тока ускоренных протонов других, дополнительных импульсов тока ([6]).

2. Большой фон тройных совпадений, обусловленный протонами высокой энергии, которые выпали из процесса ускорения ([7]) и рассеялись на большой угол при соударении с молекулами остаточного газа в камере.

Мишень облучалась протонами, энергия которых была равна 300 или 430 Мэв. Если бы в результате взаимодействия протонов указанной энергии с ядрами углерода образовывались радиоэлементы, испускающие β-частицы с энергией больше 12 Мэв, то последние, двигаясь в магнитном поле синхроциклотрона, могли быть зарегистрированы нашей аппаратурой. Чтобы обеспечить нормальные условия работы счетчиков, напряжение на них подавалось импульсами сразу же после импульса тока ускоренных протонов. Одновременно с этим, с целью уничтожения дополнительных импульсов тока, указанных в пункте 1, снималось ускоряющее высокочастотное напряжение. Работа аппаратуры была синхронизована с работой ускорителя. Перед началом измерений всегда проверялось наличие плато у телескопа. Правильность и устойчивость работы радиосхемы контролировались при помощи генератора импульсов. Во время измерений периодически определялось число случайных совпадений, для чего поочередно во все три канала усилителя включалась линия задержки.

Регистрировалось число тройных совпадений в интервале времени Δt, запаздывающих на время t по отношению к импульсу тока протонов, как функция t. Величина Δt была порядка миллисекунды.

Установив прибор так, чтобы можно было регистрировать β^--частицы, мы нашли, что при взаимодействии протонов с энергией 300 Мэв с ядрами углерода сечение образования β^--активных ($E_\beta > 12$ Мэв) радиоэлементов с полупериодом распада 2—4 мсек. меньше 10^{-30} см^2, а с полупериодом 4—10 мсек. меньше 10^{-29} см^2. Для сравнения напомним, что сечение образования Li^8 при взаимодействии нуклонов большой энергии с ядрами углерода приблизительно равно 10^{-27} см^2 ([8,9]).

Повернув прибор на 180°, чтобы иметь возможность регистрировать позитроны, удалось определить верхний предел сечения образования N^{12} при облучении углерода протонами с энергией около 430 Мэв. Предельное значение сечения оказалось равным 10^{-29} см^2. Малость величины сечения реакции $C^{12}(p, n)N^{12}$ при такой большой энергии падающих частиц следовало ожидать вследствие того, что ядро N^{12} образуется в процессе перезарядки протона в ядре C^{12} только в том случае, когда энергия возбуждения остаточного ядра N^{12} не больше 200 кэв (энергия связи протона в ядре N^{12}).

В работах ([10,11]) не удалось наблюдать реакцию $H^3(d, p)H^4$ (энергия дейтронов меньше 4 Мэв) в предположении, что полупериод распада ядра H^4 лежит в интервале от 0,03 до 120 сек. Наши опыты не дали никаких указаний на наличие радиоактивного ядра с полупериодом распада 2—10 мсек. Необходимо указать, что гипотетическое ядро H^4 могло иметь полупериод распада в интервале 2—10 мсек. только в том случае, если волновая функция его четна, что мало вероятно из теоретических соображений.

Следовательно, вся совокупность теоретических и экспериментальных фактов говорит в пользу того, что β-активное ядро H^4 не существует.

Повидимому, вообще не существует β-активных элементов с полупериодом распада меньшим, чем полупериод распада ядра N^{12} ($T_{1/2} = 12{,}5$ мсек.). Для легких элементов это прямо следует из наших опытов.

Этот вывод можно обобщить и на другие элементы, если принять во внимание значения максимальной энергии β-частиц, которые могут испускаться такими радиоэлементами, а также соотношение между полупериодом распада и энергией β-частиц.

Институт ядерных проблем
Академии наук СССР

Поступило
29 IV 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. А. Реут, С. М. Коренченко, В. В. Юрьев, Б. М. Понтекорво, Отчет Института ядерных проблем АН СССР, 1952. [2] H. V. Argo, Z. T. Gittings, A. Hemmendinger, G. A. Jarvis, R. F. Tascek, Phys. Rev., 78, 691 (1950). [3] G. A. Jarvis, A. Hemmendinger, H. V. Argo, R. F. Tascek, Phys. Rev., **79**, 929 (1950). [4] J. C. Allred, Phys. Rev., **77**, 753 (1950). [5] J. Beneveniste, B. Cork, Bull. Am. Phys. Soc., Vancouver Meet (1951). [6] А. А. Реут, В. В. Юрьев, Отчет Института ядерных проблем АН СССР, 1952. [7] А. А. Реут, С. М. Коренченко, Отчет Института ядерных проблем АН СССР, 1952. [8] S. C. Wright, Phys. Rev., **79**, 838 (1950). [9] В. М. Сидоров, Отчет Института ядерных проблем АН СССР, 1952. [10] K. G. McNeil, W. Rall, Phys. Rev., **83**, 1244 (1951). [11] G. Breit, J. S. McIntosh, Phys. Rev., **83**, 1245 (1951).