

ОБ ЭКЗОТИЧЕСКИХ ЯДРАХ С ИЗОТОПИЧЕСКИМ СПИНОМ $T > A/2$ И РАДИАЦИОННОМ ЗАХВАТЕ ПИОНОВ

В.И. Гольданский

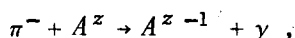
Рассматриваются гипотетические свойства экзотических ядер с изотопическим спином $T > A/2$, распад которых на A нуклонов возможен за счет только электромагнитных или слабых взаимодействий ($\Delta T \geq 1$). Поиск таких ядер возможен путем наблюдения радиационного захвата пионов ядрами и анализа кинематики разлета продуктов специфических взаимодействий тяжелых ионов с легкими мишенями.

Как известно, захват π^- -мезонов протонами приводит либо к перезарядке отрицательного пиона в нейтральный, либо к испусканию γ -кванта, уносящего всю массу покоя пиона m_π . Связанные состояния системы пион-нуклон с массой, меньшей суммы масс покоя этих двух частиц, неизвестны, и первое возбужденное состояние нуклона с изотопическим спином $T > A/2 = 1/2$ — это хорошо известный изобар нуклона — так называемая Δ -частица ($T = 3/2$, спин $S = 3/2$) с массой покоя 1236 Мэв , распадающаяся сильным образом, за $\tau \sim 10^{-23} \text{ сек}$, на пион и нуклон.

Не приходится ожидать связывания π^- -мезона и в двухнуклонной системе — это явствует хотя бы из того факта, что сдвиг π^- -уровня в $(D\pi)$ -атоме по данным [1] совпадает с расчетами [2 — 4], в которых не возникало никакого полюса (причиной же отсутствия полюсов является малая длина πN -рассеяния, составляющая, как известно, $\sim 10^{-14} \text{ см}$ для медленных пионов). Вряд ли можно ожидать качественного изменения этой картины и для трехнуклонных ядер, но нельзя априорно исключить возможности связывания пионов в системе с относительно небольшим числом нуклонов ($A \geq 10$), когда еще нельзя применять методику расчета различных "экзотических" ядерных состояний для очень тяжелых ядер по Мигдалу [5, 6].

Похоже, что ответить на вопрос о возможности существования связанных состояний пионов в легких ядрах, с массой, превышающей массу исходной (беспионной) многонуклонной системы, менее, чем на m_π , должны эксперименты. Поэтому хотелось бы обратить внимание на чрезвычайно интересные следствия, которые возникают в предположении о возможности связывания пионов в малонуклонных системах.

Очевидно, что положительная энергия связывания пиона ядром отвечает бы возможности наблюдения его радиационного захвата типа:



с возможным возникновением системы, отличающейся по изотопическому спину от исходного ядра на две единицы: $T = T_0 + 2$.

Хотя связанное состояние пиона в двухнуклонной системе, как выше сказано, отсутствует, но принципиальные возможные следствия

изменения сразу на две единицы изотопического спина ядра при захвате им пиона проще всего рассмотреть именно на этом примере. Очевидно, что радиационный захват π^- -мезона типа $\pi^- + D \rightarrow (n^2)^* + \gamma$ отвечал бы, например, возможности образования "экзотического" возбужденного ядра с изоспином $T > A/2$. Распад такого экзотического ядра $A_{\text{экзот.}}^x$ на все A нуклонов может происходить только с несохранением изоспина, так что время жизни $A_{\text{экзот.}}^x$ будет не менее $\sim 10^{-19} - 10^{-18}$ сек. Соответственно вероятность радиационного захвата пиона (при положительной энергии его связи) по сравнению с тривиальным случаем образования "звезды" была бы $\sim 10^{-4} - 10^{-5}$.

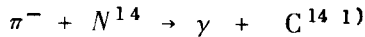
Экзотическое ядро с массой A и изоспином $T = A/2 + 1 (A_{\text{экзот.}}^x)$ являлось бы одним из $2(A/2 + 1) + 1 = A + 3$ компонентов экзотического мультиплетта. В случае $A = 2$ в этот мультиплет входили бы ядра Li^2 , $\text{He}_{\text{экзот.}}^{2x}$, $\text{H}_{\text{экзот.}}^{2x}$, $n_{\text{экзот.}}^{2x}$, $(-N)^2$. Из них два — Li^2 (с зарядом $Z > A!$) и $(-N)^2$ (с отрицательным электрическим зарядом — возможен атом с таким ядром и позитронной оболочкой!) могли бы распадаться

лишь посредством β -распада¹⁾: $\text{Li}^2 \xrightarrow{\beta^+} (\text{He}_{\text{экзот.}}^{2x}) \rightarrow 2p$ и $(-N)^2 \xrightarrow{\beta^-} (n_{\text{экзот.}}^{2x}) \rightarrow 2n$,

а три остальных — путем электромагнитного распада на два нуклона ($\Delta T = 1$).

Поиски этих интересных возможностей следует, как нам кажется, проводить в двух рассматриваемых ниже направлениях.

а) Попытка наблюдения γ -квантов с энергией порядка $M\epsilon v$ (или даже меньше), которые могли бы изредка испускаться в процессах радиационного захвата пионов с образованием очень высоковозбужденных (почти на m_π) ядер типа:



$$T = 1 \quad T = 0 \quad T = 1 \quad T = 2$$

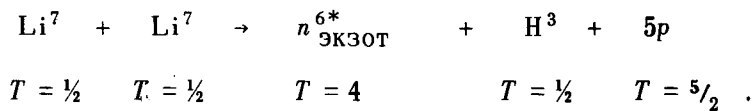
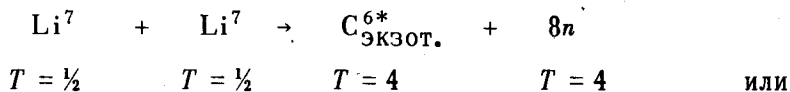
(в принципе возможен, правда, и вариант образования при радиационном захвате того или иного возбужденного состояния "обычного" ядра, когда γ -квант уносит энергию почти всей массы покоя m_π).

Однако, в этом процессе не приходится ожидать образования ядер с $T > A/2$, поскольку исходная стабильная мишень характеризуется малым значением T , а распад экзотических продуктов радиационного захвата пионов с образованием более легких экзотических ядер энергетически невозможен.

б) Кинематический анализ продуктов взаимодействия с легкими мишенями тяжелых ионов, когда полная энергия в системе центра тяжести лежит между m_π и $2m_\pi$, и возможны процессы образования виртуального π^- -мезона и его захвата группой нуклонов с увеличением изото-

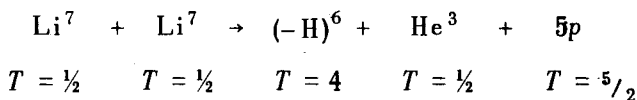
¹⁾ β -распаду экзотических ядер с $Z > A$ и с отрицательным Z может предшествовать γ -переход с уменьшением T на единицу.

пического спина типа:



При этом в спектре протонов распада $\text{C}_{\text{ЭКЗОТ}}^{6*} \rightarrow 6p (\Delta T = 1)$ могла бы проявляться энергия возбуждения экзотического ядра $\text{C}_{\text{ЭКЗОТ}}^{6*}$, а в спектре недостающих масс во втором случае — узкий пик, отвечающий возбужденному гексанейтрону с изоспином $T = 4$ и временем жизни $\sim 10^{19} - 10^{-18}$ сек.

В наиболее интересном случае:



все семь продуктов реакции обладают электрическим зарядом (сумма их абсолютных зарядов равна восьми), в том числе — отрицательно заряженное β^- -активное экзотическое ядро $(-\text{H})^6$, распадающееся на шесть нейтронов.

Автор благодарен А.И.Базю, И.С.Шапиро за ценные замечания.

Институт химической физики
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
10 февраля 1976 г.

Литература

- [1] J. Bailey, D. V. Bugg et al. Phys. Lett., 50 (в), 403, 1974.
- [2] В.М.Колыбасов, А.Е.Кудрявцев. Nucl. Phys., 41, 510, 1972.
- [3] В.М.Колыбасов, А.Е.Кудрявцев. Письма в ЖЭТФ, 18, 527, 1973.
- [4] В.М.Колыбасов, А.Е.Кудрявцев. Препринт ИТЭФ, №57, 1975.
- [5] А.Б.Мигдал. ЖЭТФ, 61, 2209, 1971.
- [6] А.В.Мигдал. Phys. Lett., 52(B), 172, 1974.