

СЗ4112

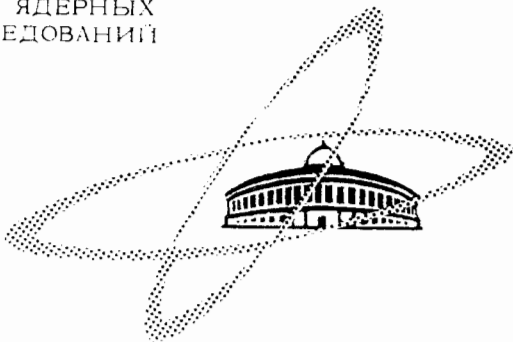
П-305

✓

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P - 1863



Л.А. Петров

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

О МЕХАНИЗМЕ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА
С ИСПУСКАНИЕМ ПРОТОНОВ

1964

P - 1863

2828/3 48.

Л.А. Петров

О МЕХАНИЗМЕ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА
С ИСПУСКАНИЕМ ПРОТОНОВ

063-111-111111
РАСЧЕТНО-ПРОЕКЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Радиоактивный распад с испусканием протона в последние время стал предметом ряда экспериментальных исследований¹⁻⁵. Интегрированы результаты, полученные в Дубне^{4/}, посвящена последняя работа В.И. Гольдбергского^{6/}. Содержание работы^{7/3/} фактически сводится к доказательству того, что в Дубне на двух последних открыто испускание завышающих протонов. Однако без труда можно установить, что именно этот механизм протонного распада, как и всякая реакция субъядерных группировки как наиболее вероятный. Само по себе это обстоятельство не может служить основанием для специального выступления. Цель настоящей заметки — указать на ряд ошибочных утверждений и оценок, которые допускает В.И. Гольдбергский при анализе наших результатов.

Проследим, например, как в^{6/} осуществляется попытка идентификации излучателя с $E_p = 5 \text{ МэВ}$ и $T_{1/2} = 0,85 \pm 0,13 \text{ сек}$.

В работе^{4/} указывается, что протонный излучатель 5 МэВ испускается из возбужденного состояния дочернего ядра вследствие β^+ -распада с образованием неона или магния (Ne^{17} , Mg^{20-21}). Экспериментаторы не сумели сформулировать более определенных выводов. В.И. Гольдбергский не сумел сделать выбор между этими состояниями и делает это заключение. Он, основываясь на данных о β^+ -распадах бериллов (β^+ -распада Be^{10} , Mg^{20} , Mg^{21} (7-9)). Известны следующие значения $T_{1/2}$ точностью до фактора 2-3): 0,1; 0,7; 0,3 сек, соответственно. Столь значительная неточность оценок делает весьма рискованным вывод о выборе этих распада для идентификации излучателя. Тем не менее это делается. В.И. Гольдбергский сразу же исключает Mg^{20} , так как экспериментальное значение $T_{1/2}$ не совпадает с расчетным. Решая далее вопрос о выборе между оставшимися кандидатами (Ne^{17} и Mg^{21}), он отдает предпочтение Mg^{21} . Основанием этому служит работа Фрейса^{10/}, который наблюдал протонный излучатель с $T_{1/2} = (0,69 \pm 0,03) \text{ сек}$ и идентифицировал его как Ne^{17} . Представляется странным, почему в этом случае В.И. Гольдбергского не смущает расхождение в 7 раз между расчетом и экспериментом. Таким образом делается вывод, что в Дубне получен Mg^{21} .

Ошибочность этого заключения сейчас несомненна. Р. Бель и др.^{11/} получили протонный излучатель с теми же свойствами, что и в Дубне, и идентифицировали его как Ne^{17} . Надежность этого результата представляется безусловной, так как канадские физики использовали простейшую реакцию типа (p, α) и провели эксперименты с высокой статистической точностью.

Остановимся теперь на идентификации "тяжелого" протонного излучателя, полученного в Дубне^{/4/}. Этот излучатель испускает протоны с энергией 2,5 Мэв и имеет $T_{1/2} = 23$ сек. Наиболее вероятно (и это указано в^{/4/}), что протоны вылетают из возбужденного состояния после β^+ -распада.

К настоящему времени достигнуты значительные успехи в предсказании масс неизвестных ядер с помощью различных полуэмпирических формул. Полученные результаты несомненно полезны для ряда оценок. Однако надо иметь ввиду, что точность таких расчетов уменьшается по мере удаления от области известных изотопов. Это было учтено при первоначальной идентификации "тяжелого" протонного излучателя в^{/4/}; неточность расчетов масс по полуэмпирическим формулам и приближенность наших знаний о характеристиках ядерных реакций привели к некоторой неопределенности в идентификации изотопа. В^{/4/} делается вывод, что протоны с $E_p = 2,5$ Мэв появляются при распаде одного из изотопов (Vr_{70} , Kr_{72}).

Интерпретируя эту часть наших результатов, В.И. Гольданский завышает точность полуэмпирических оценок и приходит к неверным заключениям. Прежде всего, он исключает из рассмотрения Vr_{70} и Kr_{71} на том основании, что эти ядра должны испытывать сверххрещенный β^+ -распад с $T_{1/2} = 0,04$ сек. Однако этот довод не может быть убедительным, так как он целиком основывается на полуэмпирических оценках масс ядер, далеких от области известных.

По мнению В.И. Гольданского, единственная возможность идентификации тяжелого излучателя протонов - это Kr_{70} , который образуется в реакции $Ni_{58} + Ne_{16} \rightarrow Kr_{70} + 4n$, имеющей порог 73 Мэв. Необоснованность этого вывода стала бесспорной после наших более поздних измерений функции возбуждения для этого излучателя. Оказалось, что уже при энергии ионов кислорода ≈ 60 Мэв сечение образования излучателя достигает заметной величины. Эти данные, в противоположность заключению В.И. Гольданского, вычеркивают из списка кандидатов Kr_{70} .

Ошибочный характер носит и приводимый в^{/6/} анализ схемы возникновения протонного излучения в реакции $Ni_{58} + Ne_{20} \rightarrow Kr_{70} + 4n$. Отправной точкой в этих рассуждениях служит сечение образования "тяжелого" протонного излучателя^{/4/}. В качестве опорной экспериментальной точки берется сечение реакции $Pt_{141} + C_{12} \rightarrow Kr_{149} + 12n$, пересчитанное к более тяжелой бомбардирующей частице - неону. Из сравнения этих сечений В.И. Гольданский получает оценку $\log ft$ для β^+ -распада на протонно-нестабильный уровень дочернего ядра. Этот расчет неверен, поскольку не учтены три важных обстоятельства.

1. В случае реакции $Ni + Ne$ более существенную роль, чем в реакции $Pt + C$ (C_{12} , $4n$) Tb_{149} , играет испарение протонов, так как в первой реак-

ции фигурирует ядра с большим недостатком нейтронов. Это приводит к значительному уменьшению вероятности испарения нейтронов и к сдвигу сечения нужной реакции.

2. Если даже и не учитывать это обстоятельство, то следует сказать, что выбор реакции $Pt^{141} (C^{12}, 4n) Tl^{146}$ для сравнения неудачен. На сечение этой реакции существенное влияние оказывает так называемый "эффект экранировки" основного состояния изомером. Сечение образования Tl^{146m} существенно меньше из-за наличия короткоживущего α -активного изомера Tl^{146} . В эту же реакцию экранировки выход Tl^{146m} в ≈ 20 раз меньше, чем у соседних ядер без изомеров.

3. При переходе от углерода к пеллу В.И. Гольданский уменьшает сечение реакции (пон. 4 в.) в 22 раза на основании работы ^{/13/}. Однако полученный в ^{/13/} эффект уменьшения сечения связан с высокой делительностью тяжелых ядер. Для недеформируемых ядер сечение реакции слабо зависит от сорта бомбардирующей частицы (см., например, ^{/12/}).

Из указанного следует, что приведенные в ^{/6/} оценки $\log ft$ лишены оснований.

Предложенный в ^{/4/} изомерный механизм протонного распада рассматривается впервые. Обсуждение его в ^{/4/} имеет самостоятельный характер. Теория этого типа протонного распада не разработана, и пока нельзя достаточно достоверно предсказать, какие изотопы могут иметь протонно-активные изомеры. Вместе с тем существование таких ядер представляется вполне реальным. Классификация в ^{/6/} идеи возможности изомерного механизма как "фантазии" вряд ли будет способствовать экспериментальным попыткам обнаружить его.

В статье Гольданского настойчиво проводится мысль, что открытое в Дубне явление аналогично испусканию запаздывающих нейтронов, на которое кулоновский барьер ядра не оказывает никакого влияния: "Надбарьерные и подбарьерные протоны мгновенно здесь испускаются возбужденными продуктами β^+ -распада". Такая точка зрения скрывает важные стороны этого явления. В работе ^{/4/} подчеркивается различие между запаздывающими протонами и нейтронами и проводится аналогия с "длиннопробежными" α -частицами. Это сопоставление вполне правомерно, так как механизмы распада в обоих случаях в основном совпадают. Качественных различий нет, могут быть только количественные различия. В.И. Гольданский верно отмечает, что парциальное время жизни Po^{212} и Po^{214} для испускания "длиннопробежных" α -частиц $\approx 10^{-11}$ сек, а тяжелого излучателя протонов - существенно короче ($\approx 10^{-18}$ сек). Однако это различие - количественное. В Дубне уже получены более тяжелые протонные излучатели (в области редких земель) ^{/14/}, для которых собственное время полета протонов после β^+ -распада не меньше 10^{-12} сек. Здесь уже не так велика разница со случаем Po^{212} и Po^{214} . Вместе с тем процесс остался тем же самым.

Автор благодарен В.А. Карнаухову и Г.М. Тер-Акопяну за полезные обсуждения затронутых вопросов

Л и т е р а т у р а

1. В.А. Карнаухов, Г.М. Тер-Акопян, В.Г. Субботин. Препринт ОИЯИ, Р-1072, Дубна, 1962.
2. V.A.Karnaukhov, G.M. Ter-Akopian, V.G.Subbotin. "Proc. of the III Conf. on Reactions Between Complex Nuclei". Univ. of California Press, 1963, p. 434.
3. В.А. Карнаухов, Г.М. Тер-Акопян, Л.А. Петров, В.Г. Субботин. ЖЭТФ, 45, 1280 (1963).
4. Г.Н. Флеров, В.А. Карнаухов, Г.М. Тер-Акопян, Л.А. Петров, В.Г. Субботин. Препринт ОИЯИ, Д-1570, Дубна, 1964.
5. R.Barton, R.McPherson, R.E.Bell, W.R.Feicken, W.T.Link, R.B.Moore. Canad. J. Phys., 41, 2007 (1963).
6. В.И. Гольданский. Препринт ФИАН СССР, А-33, Москва, 1964; ДАН СССР, 157, № 2 (1964).
7. В.И. Гольданский. ДАН СССР, 146, 1309 (1962).
8. V.I.Goldanskii. "Proc. of the III Conference on Reactions Between Complex Nuclei", 1963, p.428.
9. V.I.Goldanskii. Nucl. Phys., 19, 482 (1960).
10. J.D'Auria, I.Preiss. Phys. Lett., 10, 300 (1964).
11. R.McPherson, J.C.Hardy, R.E.Bell. Phys. Lett., 11, 65 (1964).
12. G.N.Simonoff, J.M.Alexander. "Proc. of the III Conference on Reactions Between Complex Nuclei", 1963, p.345
13. Е.Д. Донец, В.А. Карнаухов, Г. Кумпф, Е.А. Гвоздев, Ю.Т. Чубурков. Препринт ОИЯИ, Р-896, Дубна, 1962.
14. Г.Н. Флеров, В.А. Карнаухов. Препринт ОИЯИ, Д-1798, Дубна, 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел
31 октября 1964 г.