

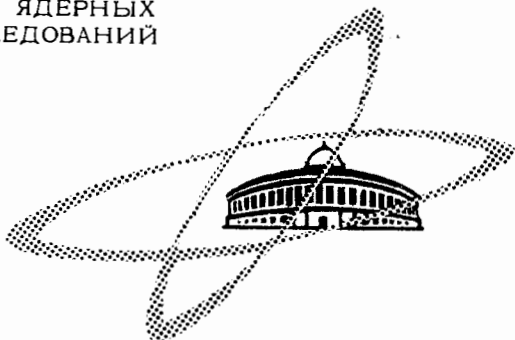
СЗ41-19
К-245

7/11-64

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-1865



В.А. Карнаухов, Г.М. Тер-Акопьян, Л.А. Петров,
В.Г. Субботин

ПРОТОННЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ-
ПРОДУКТ РЕАКЦИИ $Rn + O^{16}$

29, 1965, т. 1, в. 5, с 812-815.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

1964

P-1865

В.А. Карнаухов, Г.М. Тер-Акопян, Л.А. Петров,
В.Г. Субботин

ПРОТОННЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ -
ПРОДУКТ РЕАКЦИИ $Ru + O^{16}$

Направлено в журнал "Ядерная физика"

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

2804/3 48

1. К настоящему времени экспериментально обнаружено уже несколько протонных излучателей (см., например ^{1-5/}; там же указаны ссылки на более ранние работы). Во всех случаях наблюдалось протонное излучение, которое задержано на значительное время ($> 0,01$ сек) относительно момента ядерной реакции. Наиболее вероятно, что задержка вызвана предыдущим позитронным распадом. Все полученные в этих работах ядра имеют $Z < 50$.

Гольданским ^{6/} была высказана мысль, что в связи с конкуренцией со стороны α -распада для ядер с $Z > 50$ вообще не должно наблюдаться протонных излучателей. В ^{7/} был сделан иной вывод: по оценкам, область протонного распада простирается практически через всю таблицу изотопов. Более того, область ядер с $Z > 50$ представляется наиболее перспективной для исследования этого явления.

Настоящая работа была предпринята в качестве первого шага по изучению p -распада ядер за оловом.

2. Использовался внутренний пучок 310-см циклотрона ОИЯИ. Ионами $+3\text{O}^{16}$ (70-90 Мэв) облучалась мишень из Ru (металлический слой, полученный электролизом, $2,2 \frac{\text{мг}}{\text{см}^2}$). Применялся специальный пробник, описанный ранее ^{1/}.

Регистрация протонного распада производилась телескопом из пропорционального счетчика (для определения удельной ионизации) и поверхностно-барьерного счетчика (для измерения энергии частиц). Использование такого телескопа позволяло надежно выделять протоны. Радиотехническая часть аппаратуры отличалась от описанной в ^{1/} тем, что в ней использовались транзисторные предусилители, а также дополнительная схема совпадений. Импульс совпадений открывал линейные "ворота", которые пропускали импульс газового счетчика на дифференциальный дискриминатор. Выход последнего управлял второй схемой пропускания, через которую проходил импульс полупроводникового детектора на амплитудный анализатор.

3. В результате измерения спектров протонов и периодов полураспада протонной активности было установлено образование двух излучателей в реакции $\text{Ru} + \text{O}^{16}$. Период полураспада для первого из них равен (60 ± 10) сек, для второго $T_{1/2} = (11 \pm 2)$ сек. Результаты соответствующих измерений представлены на рис. 1 и 2. Выход первого изотопа отвечает поперечному сечению 10^{-31} см², для второго - сечение примерно в 10 раз больше.

На рис. 3 представлено распределение протонов по энергии, полученное в опыте, в котором времена экспозиции сборника ядер отдачи около мишени и у телескопа

составляли 40 сек. Картина определяется, в основном, вторым излучателем протонов (11 сек). Видно, что спектр имеет сложную структуру. В диапазоне от 2 до 4 Мэв насчитывается несколько перекрывающихся групп протонов. Фон от β - и γ -излучений (он измерялся при помещении между сборником и телескопом 250 μ алюминия) дает существенный вклад только для энергий < 2 Мэв.

Спектр протонов для первого излучателя также имеет сложную структуру и занимает примерно тот же энергетический интервал.

4. Для проведения предварительной идентификации проводилось облучение кислородом мишени из Mo. Изотопы этого элемента отличаются от изотопов Ru на одну α -частицу. Если обнаруженные протонные излучатели принадлежат Te или Sb, то при облучении Mo не должно быть эффекта. Если же эти излучатели имеют $Z \leq 50$ и получаются за счет реакций частичного слияния, то они будут наблюдаться в этом опыте. Причем, по нашим оценкам, выход не должен быть меньше 10% от того, который наблюдается в реакции $Ru + O^{16}$.

При облучении Mo кислородом наблюдалась слабая протонная активность с $T_{1/2} > 40$ сек. Активность с $T_{1/2} = 11$ сек на уровне $\approx 1,2\%$ от выхода ее в реакции $Ru + O^{16}$ не обнаружена. Не исключено, что излучатель с $T_{1/2} = 60$ сек образуется при облучении Mo с сечением примерно в 4 раза меньшим, чем в опытах с Ru. Из этих результатов следует сделать вывод, что, по крайней мере, излучатель с $T_{1/2} \approx 11$ сек является легким изотопом Te или Sb.

5. Наиболее вероятно, что имеет место двухступенчатый механизм распада: вначале происходит позитронный переход, затем из возбужденного состояния ядра испускается подбарьерный протон, проходящий сквозь барьер (≈ 10 Мэв) путем туннельного эффекта. Первый этап определяет измеренный период полураспада. На рис. 3 указаны расчетные значения τ_p - собственного времени протонного распада (среднее время между вылетом позитрона и протона). Расчеты выполнены по известной формуле для туннельного эффекта $\tau_p = \frac{2\pi h}{D} \exp(2G)$, где D - среднее расстояние между уровнями (1 Мэв). Видно, что в пределах спектра τ_p меняется от 10^{-13} до 10^{-18} сек.

Таким образом, картина распада аналогична той, которая имеет место при испускании длиннопробежных α -частиц тяжелыми ядрами. Конечно, такой вариант распада наиболее благоприятен для четных по Z ядер. Более того, если основываться на рассчитанных Камероном значениях масс ядер, то следует заключить, что в наших условиях энергетически невозможно образование излучателей протонов среди изотопов Sb. Следовательно, наиболее вероятно, что 11 сек-протонный излучатель является изотопом Te. По поводу массового числа можно сказать следующее. Наши данные по выходу 11 сек - изотопа при различных энергиях кислорода указывают на то, что массовое

число излучателя не может быть меньше 109. Из более тяжелых изотопов возможен только Te^{111} . Другие ядра не могут дать запаздывающие протоны с энергией до 4 Мэв, если доверять расчетам Камерона.

Однако следует заметить, что к такому способу установления массового числа следует подходить с осторожностью, так как он существенно использует далекие полуэмпирические экстраполяции и поэтому может привести к неточностям. Это, к примеру, случилось в работе Гольданского^{/8/}, посвященной интерпретации наших предыдущих результатов^{/1/}. Завышая точность полуэмпирических оценок, автор работы^{/8/} пришел к ряду ошибочных выводов. Так, например, им утверждалось, что излучатель с $T_{1/2} = 0,085$ сек является Mg^{21} . Однако теперь несомненно, что это Ne^{17} ^{/4/}. На основании экспериментальных данных в работе^{/1/} мы делали вывод, что 23 сек - протонный излучатель - один из изотопов (Br, Kr)⁷⁰⁻⁷². Автор работы^{/8/} снова, завышая точность полуэмпирических оценок, делал категорический вывод, что это Kr⁷⁰. Однако наши дополнительные данные по функциям возбуждения показали, что такая идентификация исключается. В работе^{/8/} имеется целый ряд и других ошибочных заключений, которые касаются как существа дела, так и вопросов терминологии. Более подробно эта работа проанализирована в^{/9/}.

Авторы выражают искреннюю благодарность проф. Г.Н. Флерову за постоянный интерес к работе и полезные обсуждения.

Л и т е р а т у р а

1. Г.Н. Флеров, В.А. Карнаухов, Г.М. Тер-Акопян, Л.А. Петров, В.Г. Субботин. ЖЭТФ, 47, 419 (1964); Nuclear Physics, 58 (в печати).
2. Г.Н. Флеров, В.А. Карнаухов. Обзорный доклад на Конгрессе по ядерной физике в Париже, 1964; препринт ОИЯИ, Д-1798, Дубна, 1964.
3. R. McPherson, R. Barton, R. Bell, W. Frisken, W. Link, R. Moore. Canad. J. Phys., 41, 2007 (1963).
4. R. McPherson, J. Hardy, R. Bell. Phys. Lett., 11, 65 (1964).
5. J. D'Auria, I. Preiss. Phys. Lett., 10, 300 (1964).
6. В.И. Гольданский. ДАН СССР, 146, 1309 (1962).
7. В.А. Карнаухов, Г.М. Тер-Акопян. Препринт ОИЯИ, Р-1706, Дубна, 1964; Phys. Lett., 12, № 4 (1964).
8. В.И. Гольданский. ДАН СССР, 157, 321 (1964).
9. Л.А. Петров. Препринт ОИЯИ, Р-1863, Дубна, 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел
31 октября 1964 г.

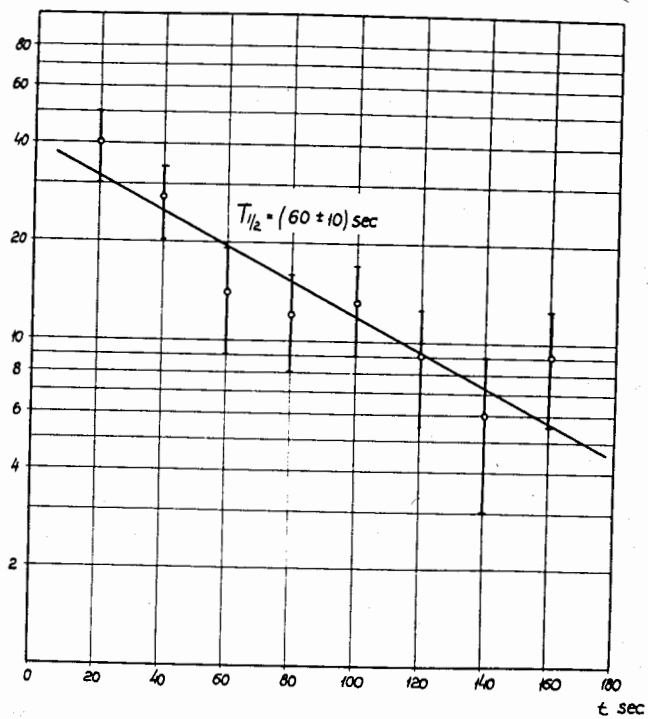


Рис. 1. Зависимость протонной активности от времени для первого излучателя.

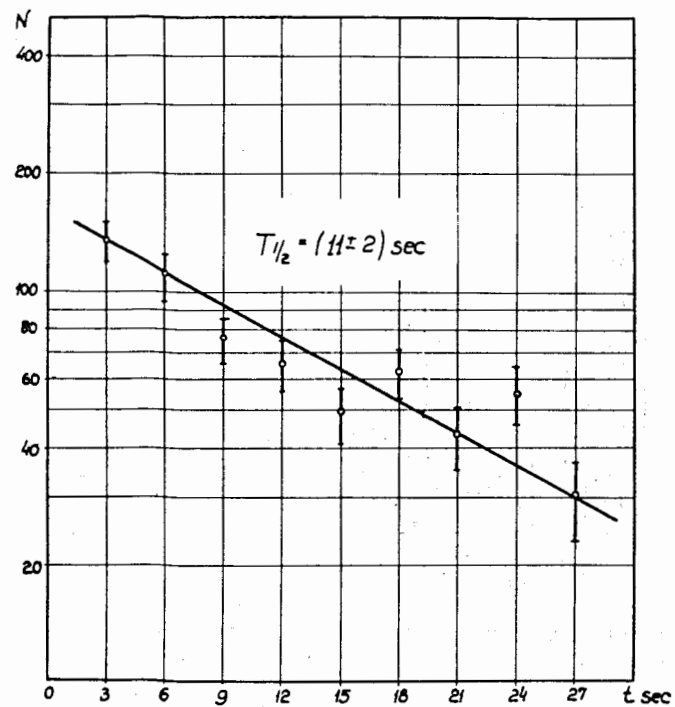


Рис. 2. Зависимость протонной активности от времени для второго излучателя.

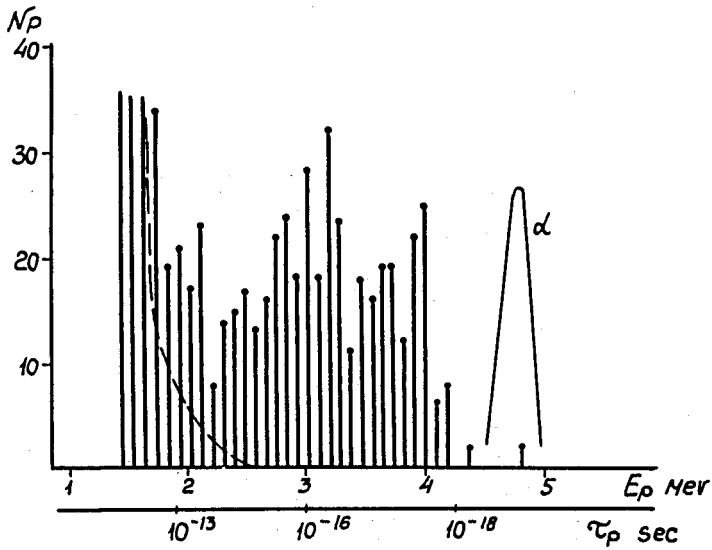


Рис. 3. Спектр протонов. Пунктирная линия - фон. Справа показана линия от калибровочных α -частиц. Ниже оси абсцисс - расчетные значения собственного времени для вылета протона соответствующей энергии.