

СЗ41.1Г
М-793

19/VIII-69

P6 - 4494

**Т.Морек, В.Нойберт, С.Хойнацкий, К.Александр,
З.Вильгельми**

КОРОТКОЖИВУЩИЙ ИЗОМЕР ЯДРА ²⁰³At

P6 - 4494

**Т.Морек, В.Нойберт, С.Хойнацкий, К.Александр,
З.Вильгельми**

КОРОТКОЖИВУЩИЙ ИЗОМЕР ЯДРА ²⁰³At

7903/2 ч.

1. Введение

Нейтрондефицитные изотопы астата известны по ранее опубликованным работам /1/ вплоть до ^{196}At , но изучен только их α -распад. У нечетно-нечетных изотопов ^{198}At , ^{200}At и ^{202}At найдены /1/ изомеры по существованию в α -спектре линий с двумя периодами полураспада. Других данных о возбужденных состояниях этих ядер, а также об их β -распаде пока нет. С помощью работающих на пучке тяжелых ионов $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора и тороидального β -спектрометра удалось найти случай короткоживущего изомерного γ -перехода в ядре ^{203}At , а также наблюдать γ -переходы из β -распада ядра ^{204}At . Методика эксперимента была описана в работах /3,4/.

II. Экспериментальные результаты

При облучении мишени золота ускоренными ионами ^{12}C была найдена новая активность с периодом полураспада $T_{1/2} = (108 \pm 10)$ мсек. Такая же активность наблюдалась среди продуктов реакции $^{191}\text{Ir} (^{18}\text{O}, \text{xp})$. Гамма-спектры, измеренные коаксиальным $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектором (с объемом $4,5 \text{ см}^3$) в диапазоне энергии от 40 кэВ до 2,4 МэВ, показывают, что только линия с энергией $E_\gamma = 585,3 \pm 0,2$ кэВ имеет этот период полураспада (рис. 1). Тот факт, что на линии с энергией 511 кэВ нет заметного компонента с периодом полураспада 108 мсек, указывает на то, что новая активность является изомерной.

Спектр электронов внутренней конверсии этого гамма-перехода был измерен на пучке с помощью тороидального бета-спектрометра ^{13/}. Полученный спектр показан на рис. 2. Он позволяет определить разницу энергий связи K- и L-электронов ΔE_{KL} атома, в ядре которого происходит данный гамма-переход. Экспериментальное значение (без поправок по мультипольности) показывает, что гамма-переход $E_{\gamma} = 585$ кэВ относится к одному из изотопов астата ($Z = 85$), или иначе говоря, новый изомер не возникает в процессе деления образуемого в реакции $Au + {}^{12}C$ компаунд-ядра.

Из спектра конверсионных электронов (см. рис. 2) было получено отношение $\frac{\bar{a}_K}{a_K} = 1,5 \pm 0,1$. Сравнение этой величины с теоретическими значениями (см. таблицу) показывает, что мультипольность этого перехода - E3. Приписание ему мультипольности M4, для которой имеется близкое отношение $\frac{a_K}{a_{L+M}}$, невозможно по следующим причинам:

1. Из гамма-спектра сравнением быстрой компоненты рентгеновского излучения с изучаемым γ -переходом получен верхний предел коэффициента K-конверсии $a_K < 0,13$; теоретические коэффициенты, взятые из работы ^{15/}, составляют $a_K(E3) = 0,04$, а $a_K(M4) = 0,86$.

2. Экспериментально определенный период полураспада на $\approx 10^3$ меньше одночастичной оценки для M4-перехода ($T_{1/2}(M4) \approx 6 \cdot 10^2$ сек). Такого отклонения от теоретической одночастичной скорости для M4-переходов не наблюдается.

Сравнение экспериментально полученного периода полураспада с подсчитанным по Вайскопфу значением для мультипольности E3 дает фактор запрета $F = 6 \cdot 10^3$.

Знание мультипольности позволяет найти центр тяжести L-линии и точнее определить разность энергий K- и L-электронов ΔE_{KL} . Экспериментальное значение $\Delta E_{KL}(exp) = (79,2 \pm 1,1)$ кэВ хорошо совпадает с ожидаемой величиной $\Delta E_{KL} = 78,8$ кэВ для астата ($Z = 85$), что свидетельствует о том, что изомер образуется в реакции ${}^{197}Au({}^{12}C, xn){}^{209-x}At$. Чтобы исключить с достоверностью наличие изомера в ядре полония ($Z = 84$), мы провели перекрестные реакции $Pt({}^{12}C, xp)Po$ в диапазоне энергии налетающих ионов от 60 до 80 МэВ. Отсутствие линии $E_{\gamma} = 585$ кэВ

в данном гамма-спектре подтверждает вывод, что новый изомер относится к нейтрондефицитному изотопу астата.

Функция возбуждения изомерного состояния не достигает максимума при максимальной энергии налетающих частиц (рис. 4). Ход первого участка кривой возбуждения хорошо совпадает с измеренной в работе ^{16/} кривой возбуждения ${}^{197}Au({}^{12}C, 6n){}^{203}At$, максимум которой находится около 95 МэВ. По данным этой работы сечение реакции ${}^{197}Au({}^{12}C, 7n){}^{202}At$ в области энергии ионов ${}^{12}C$ ниже 80 МэВ еще пренебрежимо мало, так что наблюдаемая нами изомерная активность может быть с достоверностью приписана ядру ${}^{203}At$.

В γ -спектре заметны другие сильные, но более долгоживущие линии. Они относятся к более тяжелым изотопам астата. Интенсивности γ -линии 426 и 682 кэВ меняются соответственно кривой возбуждения (рис. 4) реакции ${}^{197}Au({}^{12}C, 5n){}^{204}At$. В других измерениях, проведенных с лучшей разрешающей способностью, выделяется линия 516 кэВ, которая имеет, как и линии 426 кэВ и 682 кэВ, период полураспада $T_{1/2} = 10 \pm 1$ мин, что находится в согласии с ранее определенным периодом полураспада ${}^{204}At$ ^{12/}.

Наблюдаемый переход $E_{\gamma} = 718$ кэВ, по данным работы ^{18/}, относится к распаду ${}^{205}At$.

III. Обсуждение результатов измерений

Пока очень мало спектроскопических данных о возбужденных уровнях нейтрондефицитных ядер в области $Z > 82$ и $N < 126$. Поэтому трудно однозначно объяснить факт наличия изомерии в ядре ${}^{203}At$. Можно ожидать, что она связана с наличием нечетного протона. Обычная оболочечная модель сферического ядра не может объяснить наблюдаемого E3-перехода. Для сферических ядер последовательность протонных уровней следующая: $g 9/2$, $i 7/2$, $f 7/2$. Это подтверждено опытом для ядра ${}^{209}Bi$ ^{19/}. Из-за изменения четности при E3-переходе изомерным может быть только уровень $13/2$, тогда основным состоянием должен быть уровень $7/2$. Переход с уровня $13/2$ на основное состояние был бы толь-

ко тогда возможен, когда в ядре ^{203}At уровень $9/2$ находился бы выше уровня $13/2$, а такое предположение является маловероятным. Выходом кажется предположение о деформации ^{203}At , которое означало бы, что это ядро является переходным к области деформированных ядер, хотя число протонов отличается только на три от магического числа. Такая новая область деформаций была предсказана Шелайном и другими ^{/10/}. К сожалению, нет расчетов для $Z > 82$, но по аналогии с ядрами в области $Z < 82$ с таким же количеством нейтронов, как в ^{203}At , можно по Кумару и Беранже ^{/11/} ожидать что их деформация будет сплюснутой, но не очень стабильной. В этом случае в ядре ^{203}At основным состоянием будет уровень $7/2 - [514]$, а уровень $13/2 + [606]$ опустится настолько низко, что сможет быть первым возбужденным состоянием. Таким образом, объяснить изомерию продольной деформацией нельзя.

Надо обратить внимание на большой фактор запрета для E3-перехода. Может быть, это связано с большой мягкостью переходного ядра. В этом случае основное и изомерное состояния могут отличаться и в степени, и в знаке деформаций. Как известно, изменение формы ядра при переходе приводит к дополнительным запретам.

Эти рассуждения, конечно, гипотетические, пока не будет надежных теоретических расчетов и новых экспериментальных данных.

Авторы выражают благодарность Г.Н. Флерову за интерес к работе, Х. Дростэ и Д.А. Арсеньеву за обсуждение результатов.

Л и т е р а т у р а

1. V.Tretyl, K.Valli. Nucl. Phys., A97, 405 (1967).
2. R.W.Hoff, F.Asaro and I.Perlman. Journ. Inorg.Nucl. Chem., 25, 1303 (1963).
3. K.Alexander, W.Neubert, H.Rotter, S.Chojnacki, Ch.Droste, T.Morek. Preprint, E6-4278, Dubna, 1969.
4. В. Нойберт, К. Александер, Х. Роттер, С. Хойнацкий, Х. Дростэ. Препринт ОИЯИ, P6-4276, Дубна, 1969.

5. R.S.Hager, E.C.Seltzer. Nuclear Data, A4, 1 (1968).
6. T.D.Thomas, G.E.Gordon, R.M.Latimer, G.T.Seaborg. Phys.Rev., 126, 1805 (1962).
7. C.M.Lederer, J.M.Hollander, I.Perlman. Tables of Isotopes, New York, 1967.
8. D.Naumann, T.Thomas. Annual Report PPAD 631D, Princeton, 1968.
9. R.Woods et all. Phys.Rev.Lett., 19, 453 (1967).
10. R.K.Sheline, T.Sikkeland, R.N.Chanda. Phys.Rev.Lett., 7, 446(1961).
11. K.Kumar, M.Baranger. Nucl.Phys., A110, 529 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел
18 мая 1969 года.

Таблица
Отношение K/L+M по расчетам Хагера и Сельтцера ^{/5/}

Мультипольность	E2	E3	E4	M3	M4
$\frac{\alpha_K}{\alpha_{L+M}}$	2,7	1,3	0,8	2,8	1,9

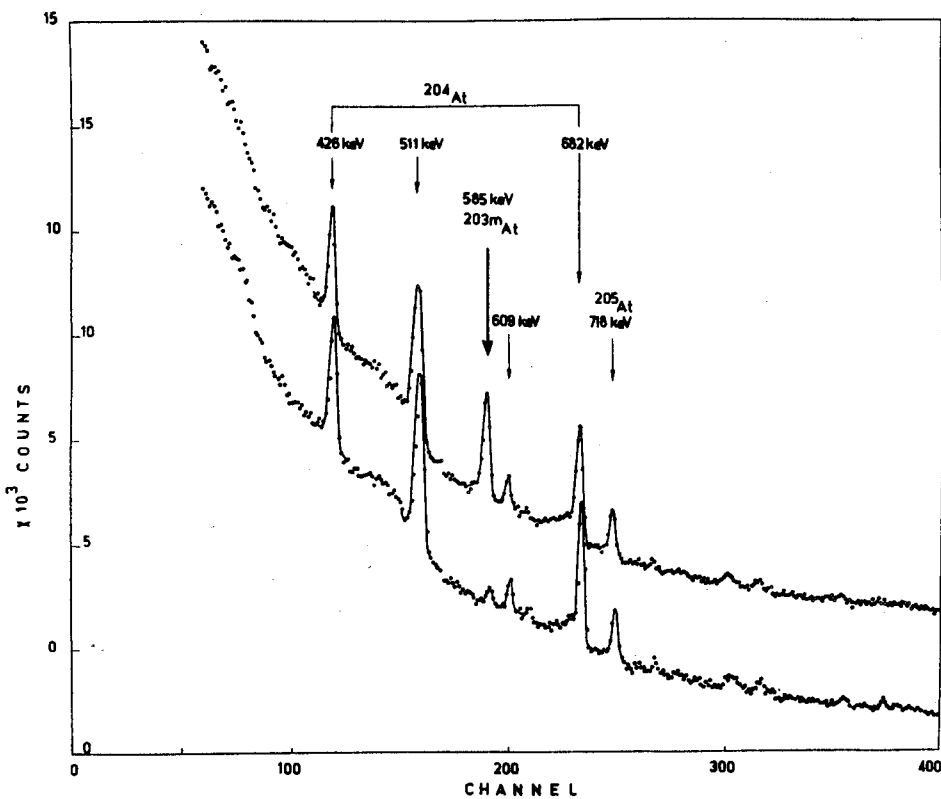


Рис.1. Часть гамма-спектра ^{204}At и ^{203}At из реакции $^{197}\text{Au}(\text{C}, \text{Sn})^{204}\text{At}$ и $^{197}\text{Au}(\text{C}, \text{бл})^{203}\text{At}$. Энергия налетающих ионов — 81 Мэв. Ge(Li)-детектор с объемом 4,5 см, фильтр-5 мм Pb + + 1 мм Sn. Временной режим: время облучения 515 мсек, время задержки до начала измерения спектра "эффекта" 8,8 мсек, время измерения "эффекта" и "фона" 200 мсек, время задержки между ними 400 мсек. Спектр "фона" опущен.

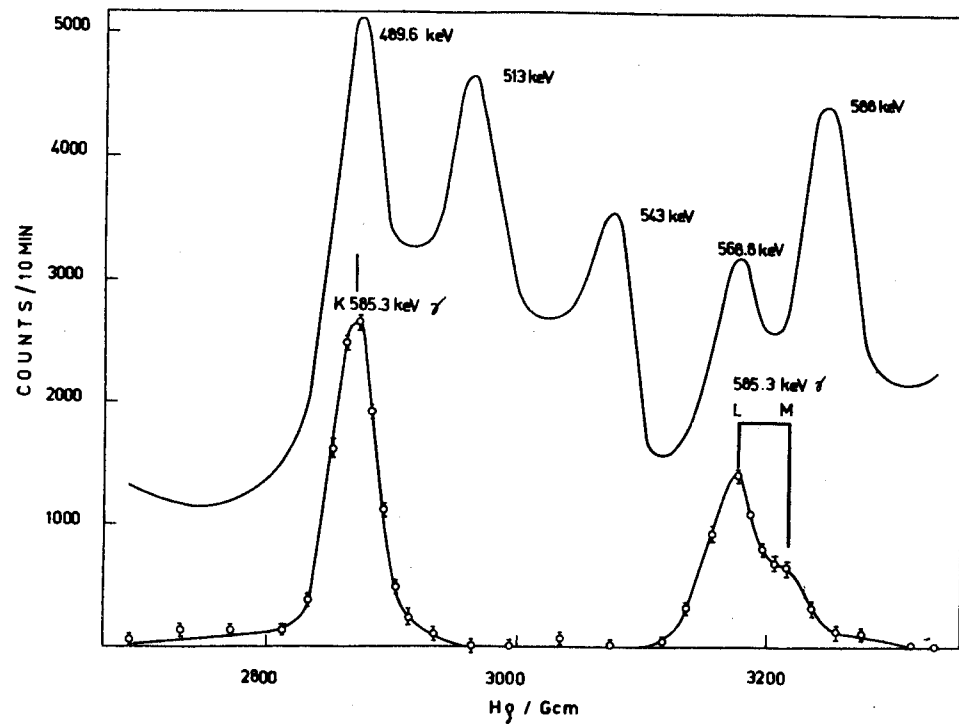


Рис.2. Спектр конверсионных электронов перехода 585 кэв в ядре ^{203}At . Энергия налетающих ионов 82 Мэв, толщина мишени золота $3,0 \text{ мг}\cdot\text{см}^{-2}$. В верхней части показан суммарный спектр электронов внутренней конверсии, измеренный между импульсами циклотрона. Спектр короткоживущей активности (нижний спектр) получен после временного анализа суммарного спектра.

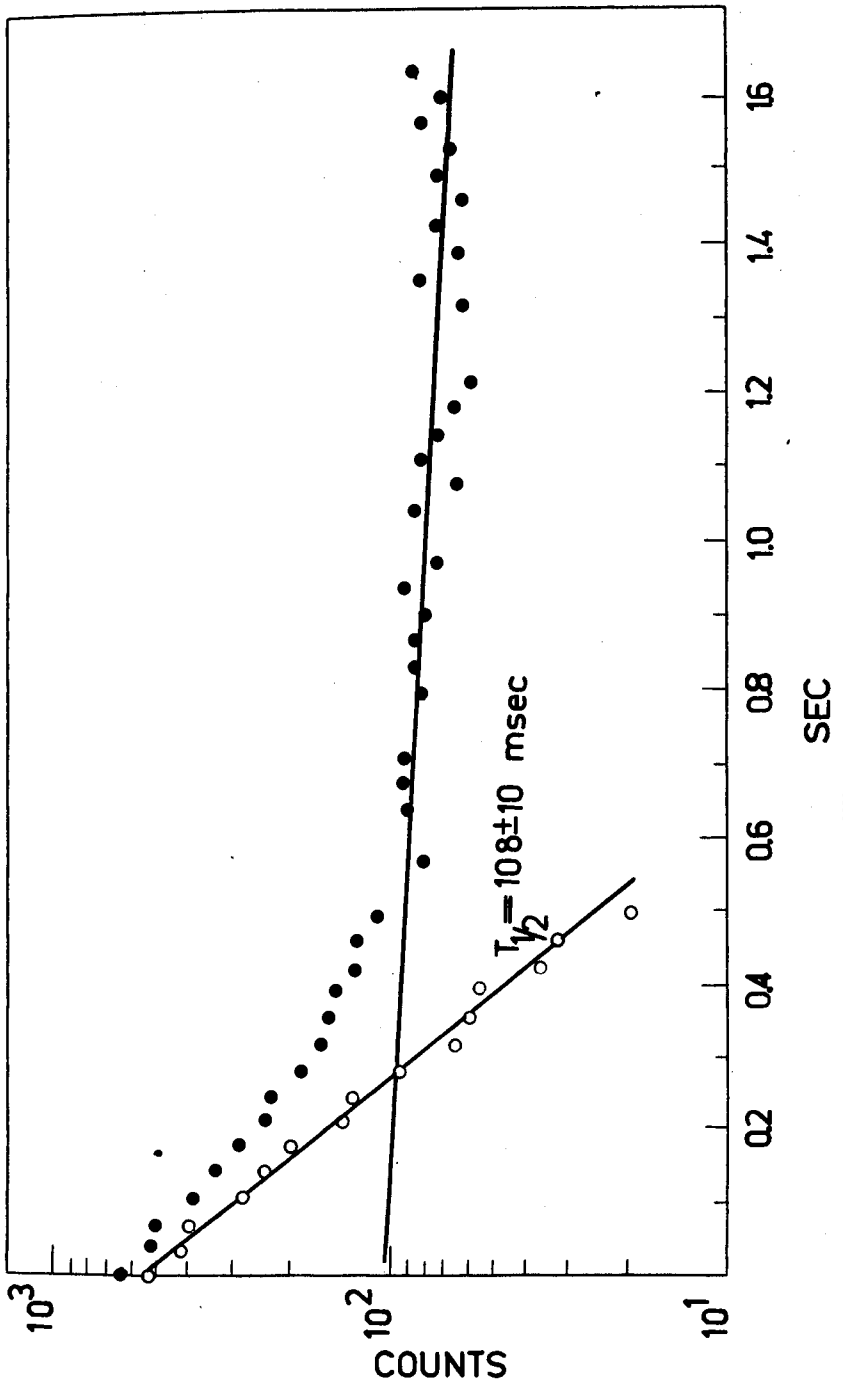


Рис.3. Распад изомера ^{203m}At . Период полураспада измерен на линии К-электронов гамма-перехода 385 кэв.

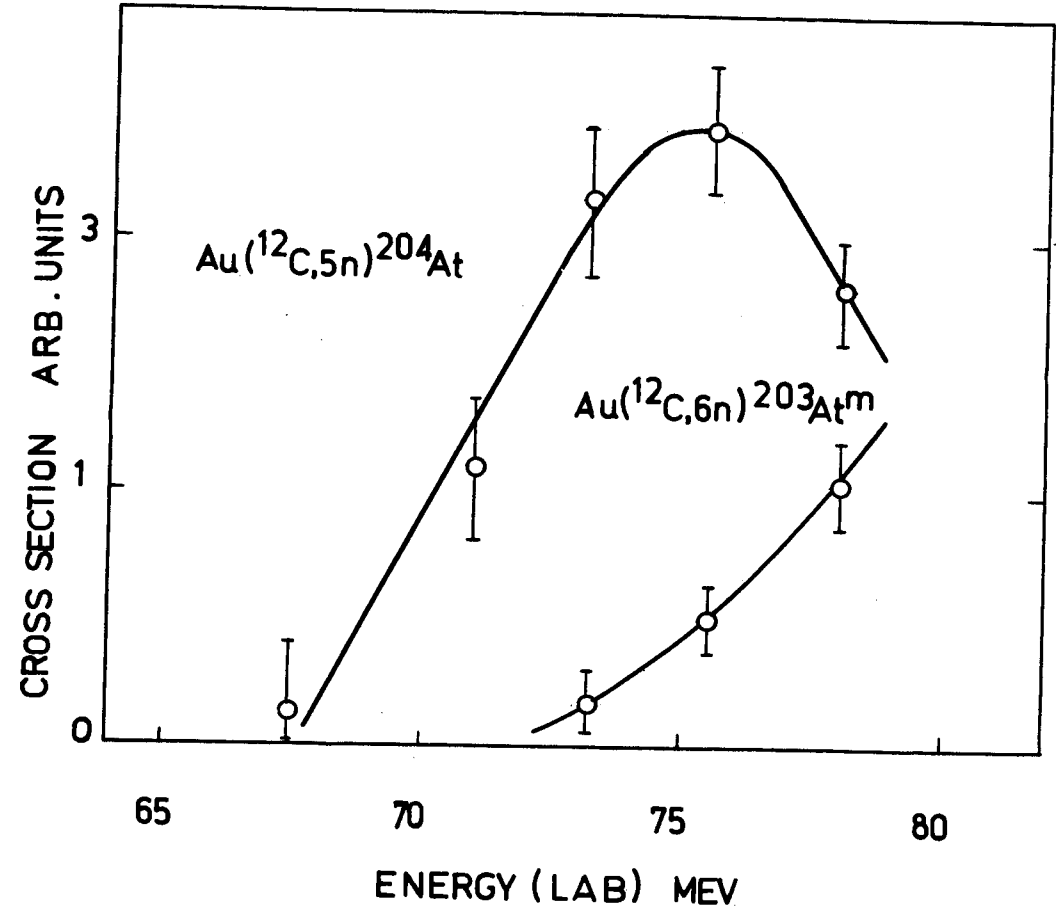


Рис.4. Функции возбуждения для реакции $^{197}\text{Au}(^{12}\text{C}, 5n)^{204}\text{At}$ и $^{197}\text{Au}(^{12}\text{C}, 6n)^{203}\text{At}^m$. Функция возбуждения для образования изотопа ^{204}At измерена на линиях 428 и 682 кэв.