

58378.16

K-983

23/III-71

2855/
12-71

P6 - 5878

Т. Кэмписты, Т. Морек, Л.К. Пекер,
К.Петрозолин, С.Хойнацки

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА

^{205}Rn , ^{207}Rn , ^{209}Rn и ^{207}At

P6 - 5878

Т. Кэмписты, Т. Морек, Л.К. Пекер,
К.Петрозолин, С.Хойнацки

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА

^{205}Rn , ^{207}Rn , ^{209}Rn и ^{207}At

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

1. В в е д е н и е

Все изотопы радона являются радиоактивными и распадаются с относительно малым периодом полураспада. Они уже давно получались в реакциях с тяжелыми ионами либо в реакциях глубокого расщепления.

Однако в большинстве случаев изучался лишь α -распад этих изотопов, хотя во многих из них ϵ - β^+ -распад является более вероятным способом распада. Только в самое последнее время была детально исследована схема β -распада ${}_{86}^{211}\text{Rn}_{125}$ на уровне полумагического ядра ${}_{85}^{211}\text{At}_{126}$ /1/. Уровни других дочерних изотопов At , возбуждающихся в результате β -распада Rn , до сих пор неизвестны. Для выявления этих уровней мы исследовали γ -излучения, сопровождающие β -распад изотопов ${}^{209}\text{Rn}$, ${}^{207}\text{Rn}$, ${}^{205}\text{Rn}$. Был исследован также γ -спектр, сопровождающий β -распад ${}^{207}\text{At}$, накапливающегося после β^+ - ϵ -распада ${}^{207}\text{Rn}$.

2. Эксперимент

Изотопы ${}^{205}\text{Rn}$ и ${}^{207}\text{Rn}$ были получены в реакциях ${}^{197}\text{Au}({}^{15}\text{N}, \text{xn}){}^{212-\text{x}}\text{Rn}$ и ${}^{\text{ест.}}\text{Pt}({}^{16}\text{O}, \text{xn})\text{Rn}$. Более тяжелый изотоп ${}^{209}\text{Rn}$ синтезировался в реакции ${}^{\text{ест.}}\text{Tl}({}^{11}\text{B}, \text{xn})\text{Rn}$. Мишени в виде фольг обеспечили полное торможение ядер отдачи, но были достаточно тонкими (~ 3 мг/см²) для исследования функции возбуждения. После облучения на выведенном пучке тяжелых ионов циклотрона У-300 они не подвергались химической обработке и по истечении 1,5 мин переносились к детектору. Измерения γ -спектров проводились $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектором объемом 13 см³. Для определения массового числа получающихся изотопов были измерены их функции возбуждения, которые затем сопоставлялись с функциями возбуж-

дения известных дочерних ядер. С целью подтверждения проведенной таким способом идентификации γ -переходов измерялся период их полураспада. К сожалению, этот метод позволяет идентифицировать только наиболее интенсивные γ -переходы.

3. Результаты измерений

^{209}Rn был получен при облучении мишени из таллия ионами ^{11}B с энергией 90 Мэв. Отвечающие этому массовому числу ядра ^{209}Rn распадаются с $T_{1/2} = 30 \pm 2$ мин. Принадлежащие ему γ -линии приведены в таблице 1. Полученный нами период полураспада совпадает с результатами предыдущих работ по α -распаду ^{209}Rn [2,3]. Существование γ -перехода 746,0 кэв, совпадающего по энергии с суммой энергии двух других переходов $408,3 \text{ кэв} + 337,4/\text{кэв} = 745,7 \text{ кэв}$ и данные об их интенсивностях позволяют предложить фрагмент схемы распада, представленный на рис. 1.

^{207}Rn был получен при облучении мишени из золота ионами

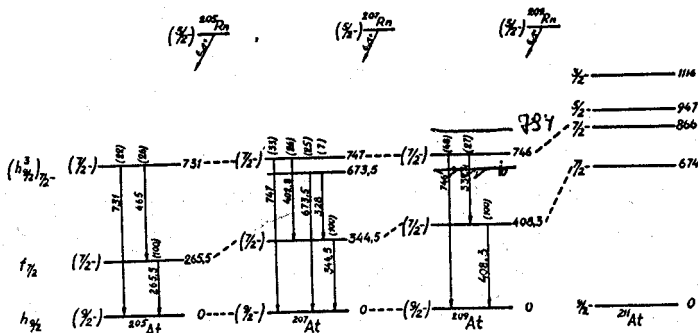


Рис. 1. Схема уровней нечетных изотопов астага.

^{15}N с энергией 95 Мэв. Наблюдалось относительно большое количество γ -переходов, сопровождающих β -распад этого изотопа Rn (табл. 2). Определенный нами период полураспада $T_{1/2} = 9,5 \pm 2$ мин находится в хорошем соответствии с данными предыдущих работ^{/3/}. Из наблюдаемых γ -переходов можно составить суммы $402,8 \text{ кэв} + 344,5 \text{ кэв} = 747,3 \text{ кэв}$ (наблюдается 747,0 кэв) и $328,0 \text{ кэв} + 344,5 \text{ кэв} = 673,5 \text{ кэв}$ (наблюдается 673,5 кэв), рис. 1. ^{205}Rn был получен при облучении мишени из золота ионами ^{15}N с энергией 120 Мэв. В γ -спектре, сопровождающем β -распад этого изотопа, удалось надежно идентифицировать только три γ -перехода (таблица 3), причем энергия одного из них, 731,0 кэв, равна сумме энергии двух других переходов $265,5 \text{ кэв} + 465,0 \text{ кэв}$. Это позволяет предложить фрагмент схемы распада ^{205}Rn (рис. 1).

Найденный нами период полураспада $T_{1/2} = 2,8 \pm 0,4$ мин отличается от предыдущих измерений ($T_{1/2} = 1,8$ мин^{/3/}).

Распад $^{207}\text{At} \rightarrow ^{207}\text{Po}$

Ядра ^{207}At получались в результате β -распада ^{207}Rn . Период полураспада ^{207}At $T_{1/2} = 1,6$ часа близок к периоду полураспада ^{208}At , однако γ -спектр последнего хорошо известен^{/4/}, и это позволило выделить γ -переходы, относящиеся к распаду ^{207}At . Период полураспада ^{206}At много короче ($T_{1/2} \approx 30$ мин) и поэтому его примеси не мешают измерениям. В таблице 4 приведены γ -линии, отнесенные нами к распаду ^{207}At . Так как ряд информации об уровнях ^{207}Po был дан в предыдущих работах^{/5-7/}, можно построить схему уровней, показанную на рис. 2. Спин основного состояния ^{207}Po , по данным работы^{/8/}, равен $5/2^-$. В работах^{/5,6/} исследовались изомерные состояния ^{207}Po со спином $13/2^+$ и $19/2^-$ и временем жизни 2,5 сек и 47 мсек. В их распаде проявляется уровень 813 кэв ($9/2^-$). Последние данные об α -распаде ^{211}Rn ^{/7/} показывают существование уровней с энергиями 68,3; 238,5; 391,4; 585; 684 и 812 кэв. Измерение спектра электронов внутренней конверсии^{/3/} позволило определить спин двух нижних состояний (рис. 2). Наши результаты хорошо согласуются с результатами этих работ.

256
13,7

893

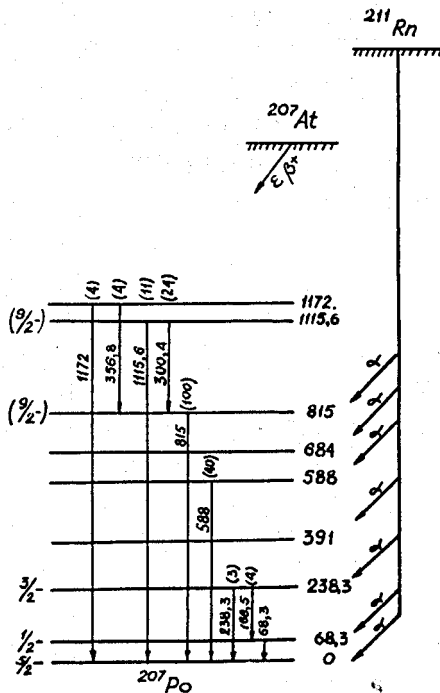


Рис. 2. Схема уровней ^{207}Po .

4. Обсуждение

Согласно работе /9/, три нижних состояния ^{211}At : основное, 674,2 кэВ и 866 кэВ имеют спины и четность $1^\pi = 9/2^-; 7/2^-; 7/2^-$ и относятся к конфигурациям: $p [(h_{9/2}^3); \nu = 1; l = 9/2^-]$; $[(h_{9/2}^2)_0^+; (f_{7/2}^-); \nu = 1; l = 7/2^-]$ и $[(h_{9/2}^3); \nu = 3; l = 7/2^-]$. Конечно, в действительности оба состояния с $l = 7/2^-$ в какой-то степени смешаны. На такую интерпретацию указывает тот факт, что γ -переход 674,2 кэВ $7/2^- \rightarrow 9/2^-$ будет типа $M1 + E2$, в то время как γ -переход 866 кэВ $7/2^- \rightarrow 9/2^-$ типа $E2$ ($M1$ -переходы между уровнями мультиплета одной конфигурации (l^3) запрещены). Другой переход с уровня 866 кэВ ($7/2^-$) на уровень 674,2 кэВ ($7/2^-$) связан с изменением конфигурации и поэтому может быть типа $M1$. Поэтому, хотя он относится к типу l -запрещенных переходов ($h_{9/2} \rightarrow f_{7/2}$) и замедлен по сравнению с l -разрешенными переходами, его приведенная

вероятность все же больше, чем приведенная вероятность $E2$ -перехода на основное состояние. Сопоставим теперь с этими данными полученные нами данные о фрагментах схем распада $^{205,207,209}\text{Rn}$. Надо напомнить, что в отличие от ^{211}Rn (основное состояние имеет спин $I = 1/2^-$), $^{205,207,209}\text{Rn}$, подобно изотопам $^{203,205,207}\text{Po}$, вероятнее всего, имеют спин $I = 5/2^-$ ($f5/2$). В этом случае наиболее вероятен β -распад этих состояний на состояния типа $f7/2$ - члены того же спин-орбитального дублета в дочерних ядрах. Малое число интенсивных γ -переходов и тот факт, что все наиболее интенсивные переходы возникают при распаде только двух, указанных на рис. 1, возбужденных уровней $^{205,207,209}\text{At}$, указывает, что большая доля β -распада идет именно на эти два уровня. Потому разумно эти β -переходы отождествить с разрешенными β -переходами типа $f5/2 \rightarrow f7/2$. Легко также видеть, что изменения энергии и особенности распада верхнего из этих уровней также указывают на аналогию с рассмотренными выше двумя уровнями ^{211}At с $I = 7/2^-$.

В частности, во всех случаях приведенные вероятности γ -перехода $(7/2^-)_2 \rightarrow (7/2^-)_1$ оказываются больше приведенной вероятности γ -перехода $(7/2^-)_2 \rightarrow (9/2^-)$. Наше рассуждение показывает, таким образом, что нижний из возбужденных уровней изотопов $^{208,207,209,211}\text{At}$ с $I = 7/2^-$ в основном есть одночастичный уровень $f7/2$, в то время как верхний из них - в основном трехчастичный уровень типа $(h^3_{9/2})_{7/2}$ - с сеньорити $\nu = 3$.

Из рисунка 1 видно, что с уменьшением числа нейтронов в ядрах At уровень $f5/2$ плавно и быстро понижается и при $A \leq 203$ может оказаться ниже уровня $h 9/2$. В этом случае основные состояния ядер астага с $A \leq 203$ могут иметь спин $I = 7/2^-$, а не $9/2^-$.

Экстраполирование данных об энергии нижнего уровня с $I = 7/2^-$ показывает, что в ^{203}At /10/ он должен находиться близко к основному состоянию (с $E < 100$ кэв) и переход $7/2^- \rightarrow 9/2^-$ трудно обнаружить. Именно этим, вероятно, можно объяснить тот факт, что при разрядке изомерного состояния ^{203}At с $T = 108$ мсек, которому мы приписываем $I = 1/2^+$, наблюдается только один изомерный переход типа $E3 1/2^+ \rightarrow 7/2^-$.

Авторы выражают благодарность академику Г.Н. Флерову за интерес к работе, Р. Броне и А. Гольчевскому за помощь в измерениях, а также группе циклотрона У-300, обеспечившей хорошую работу ускорителя.

Л и т е р а т у р а

1. G.Astner. Annual Report 1969. Research Institute for Physics Stockholm 3.1.21.
2. F.F.Momyer and E.K.Hyde. J.Inorg.Nucl.Chem., 1, 274 (1955).
3. K.Valli, M.J.Nurmia and E.K.Hyde. Phys.Rev., 159, 1013(1967).
4. W.Treytl, E.K.Hyde, T.Yamazaki. Nucl.Phys., A117, 481 (1968).
5. C.K.Hargrove, W.M.Martin. Canad. Journ. of Phys., 40, 964(1962).
6. T.Yamazaki. Phys.Rev. C1, 290 (1970).
7. В.П. Афанасьев и др. Препринт ОИЯИ Р6-4972, Дубна, 1970.
8. S.Axtensen, C.M.Olsmats. Arkiv för Fysik 19, 461 (1961).
9. I.Bergström et al. Phys.Lett., 32B, 476 (1970).
10. Т. Морек и др. Препринт ОИЯИ Р6-4494, Дубна, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел

21 июня 1971 года.

Таблица 1.

γ -переходы в ^{209}At .

Е кэв	337,4	408,3	688,0	746,0	855	1037,8
I γ	27 \pm 3	100	23 \pm 3	48 \pm 5	9 \pm 2	8 \pm 2

Таблица 2

γ -переходы в ^{207}At

Е кэв	328	344,5	367,7	402,8	444,7	631,5	673,5	747,0	774,3	852,6	972,6
I γ	7 \pm 2	100	7 \pm 2	26 \pm 3	3 \pm 1	7 \pm 2	25 \pm 3	33 \pm 3	6 \pm 2	4 \pm 1	7 \pm 2

Таблица 3.

γ -переходы в ^{205}At

Е кэв	265,5	465,0	731,0
I γ	100	26 \pm 3	22 \pm 3

Таблица 4

γ -переходы в ^{207}Po

Е кэв	168,5	238,3	300,4	356,8	458,1	467,1	530,3	553,5	588,0
I γ	4 \pm 1	3 \pm 1	24 \pm 3	4 \pm 1	7 \pm 2	18 \pm 2	6 \pm 1	2 \pm 1	40 \pm 4
Е кэв	616,8	637,6	676	722	788	815	1077,7	1115,6	1172
I γ	6 \pm 1	3 \pm 1	18 \pm 2	20 \pm 2	6 \pm 1	100	4 \pm 1	11 \pm 1	4 \pm 1