

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



P6 - 11812

B-23

25/48-78

Л.Вашарош, Ц.Вылов, Н.А.Головков, И.И.Громова,
Б.С.Джелепов, М.Я.Кузнецова, Г.И.Лизурей,
Ю.В.Норсеев, Т.И.Попова, В.П.Приходцева,
Р.Р.Усманов, В.Г.Чумин, Ю.В.Юшкевич

5623/2-78

208

О РАСПАДЕ

Rn

1978

P6 - 11812

Л.Вашарош, Ц.Вылов, Н.А.Головков, И.И.Громова,
Б.С.Джелепов, М.Я.Кузнецова, Г.И.Лизурей,
Ю.В.Норсеев, Т.И.Попова, В.П.Приходцева,
Р.Р.Усманов, В.Г.Чумин, Ю.В.Юшкевич

О РАСПАДЕ ^{208}Rn

Направлено в "Известия АН СССР", сер. физ.

Вашарош Л. и др.

P6 - 11812

О распаде ^{208}Rn

Изучены спектры γ -лучей, конверсионных электронов, $\gamma\gamma$ - и $e\gamma$ -совпадений при распаде ^{208}Rn . Предложен вариант схемы распада $^{208}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{At}$. Введены возбужденные состояния ^{208}At с энергиями: 23,53; 63,70; 113,79; 173,75; 424,80; 600,50; 734,22; (853,4); 904,40; 1539,8; 1826,6; (1979,5); 2270,2 и (2576,6) кэВ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Vasáros L. et al.

P6 - 11812

On the Decay of ^{208}Rn

Spectra of γ -rays, conversion electrons, $\gamma\gamma$ - and $e\gamma$ -coincidences at the ^{208}Rn decay have been studied. A variant of the decay scheme for $^{208}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{At}$ is proposed. Excited states of ^{208}At are introduced with the energies: 23.53; 63.70; 113.79; 173.75; 424.80; 600.50; 734.22; (853.4); 904.40; 1539.8; 1826.6; (1979.5); 2270.2 and (2576.6) keV.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubna 1978

Согласно данным обзора ^{/1/} в 67% случаев распада ^{208}Rn / $T_{1/2} = 23,5$ мин / образуется ^{204}Po / в результате α -распада /, а в 33% случаев - ^{208}At / в результате ϵ -захвата /. Альфа-распад ^{208}Rn практически происходит в основное состояние ^{204}Po / интенсивность α -распада на уровень 682 кэВ меньше $5 \cdot 10^{-3}$ % от общего числа α -распадов /.

Сведений о распаде $^{208}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{At}$ не было в печати вплоть до 1973 г., когда были опубликованы первые результаты наших исследований распада ^{208}Rn ^{/2,3/}.

Анализ спектров γ -лучей и тем более конверсионных электронов, сопровождающих распад ^{208}Rn , сильно затрудняется присутствием в спектрах линий, связанных с распадом дочерних изотопов / цепочку распада ^{208}Rn см. на рис. 1 / . Ранее ^{/2-4/} при изучении распада ^{208}Rn мы располагали сравнительно полными сведениями лишь об излучении ^{204}Bi ^{/5/} . Распад двух других дочерних изотопов - ^{204}Po и ^{208}At - был недостаточно полно изучен. Наши последующие исследования с моноизотопными источниками ^{204}Po и ^{208}At существенно дополнили литературные данные об их излучениях. Например, при распаде ^{208}At помимо 33 известных переходов обнаружено около 150 новых ^{/6/} . Кроме того, была усовершенствована методика измерения и обработки спектров γ -лучей с привлечением ЭВМ. Ввиду этого нами заново изучены спектры излучений, сопровождающих распад $^{208}\text{Rn} \rightarrow ^{203}\text{At}$.

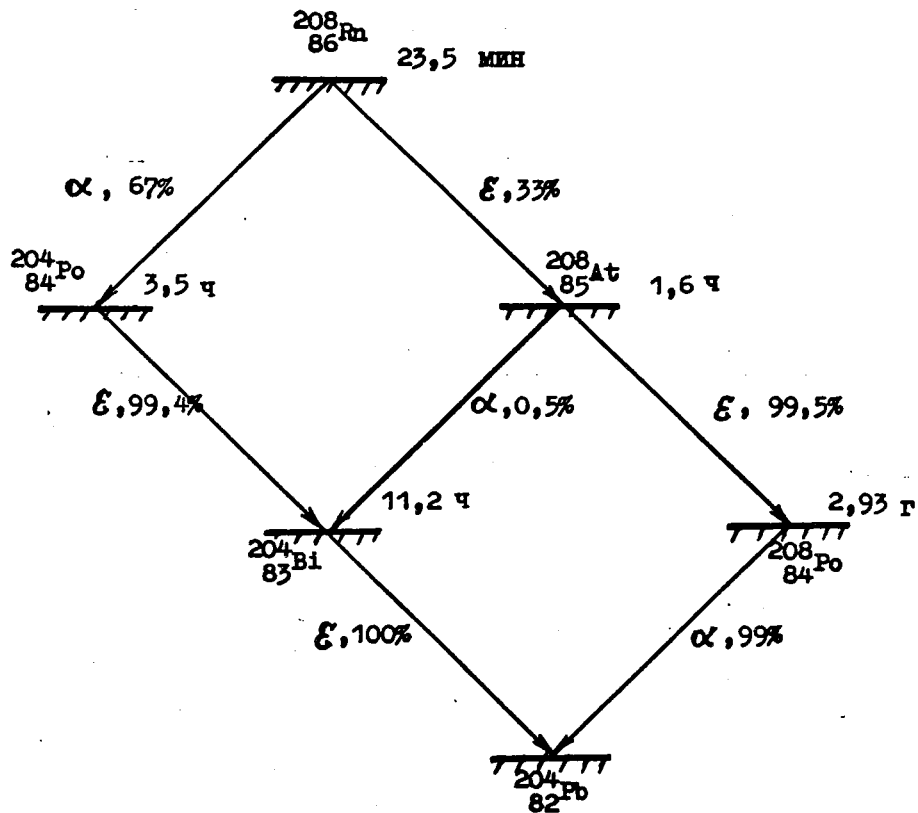


Рис. 1. Цепочка распада ^{208}Rn .

УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

В работе использовался ^{208}Rn , полученный при разделении на масс-сепараторе смеси изотопов радона, которая выделялась по методу, описанному в /7/, из ториевой мишени, облученной протонами с энергией 660 МэВ на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Максимум выхода изотопов радона, получающихся в реакции глубокого расщепления тория, приходится на нейтронодефицитные изотопы с $A = 208 - 211$. Моно-

изотопные препараты ^{208}Rn , которыми мы располагали через ~ 50 мин после конца облучения, были достаточно интенсивными, чтобы выбрать оптимальные условия при измерениях.

Спектры γ -лучей исследовались при помощи Ge(Li) - детекторов объемом 200 мм²х 5 мм, 38 см³ и 50 см³ с энергетическим разрешением (ΔE) соответственно 570 эВ /для $E_\gamma \sim 100$ кэВ/; 2,3 и 2,5 кэВ /для $E_\gamma \sim 1,3$ МэВ/. Методика обработки экспериментальных данных с применением ЭВМ описана в работах /8,9/.

Измерения спектров $\gamma\gamma$ -совпадений проведены с двумя Ge(Li) - детекторами объемом 27 и 41 см³ / ΔE - соответственно 3,5 и 3,0 кэВ для $E_\gamma \sim 1,3$ МэВ/. Временное разрешение системы составляло 50 нс. Коды событий /4096х4096/ передавались на ЭВМ HP-2116С и записывались на магнитную ленту. Обработка матрицы $\gamma\gamma$ -совпадений проводилась после эксперимента путем выбора "окон" /10/.

Спектры электронов внутренней конверсии были изучены при помощи тороидального бета-спектрометра /11/ и Si(Li) - детекторов / $\Delta E = 2,2 \div 3,0$ кэВ для $E_e \sim 300$ кэВ/. Si(Li) - детекторы помещались в магнитное бездисперсионное устройство /12/, которое позволяло исключить сопровождающее ЭВК излучение.

Измерения спектров $e\gamma$ -совпадений проведены с тороидальным бета-спектрометром и Ge(Li) - детектором объемом 41 см³ / $\Delta E = 3,5$ кэВ для $E_\gamma \sim 1,3$ МэВ/.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Результаты многократных измерений спектров γ -лучей и конверсионных электронов приведены в табл.1,2.

Для большинства случаев приведены средневзвешенные значения E_γ и I_γ по 5-7 сериям измерений. Полученные результаты не сильно отличаются от опубликованных нами ранее /2-4/, но точность определения E_γ и I_γ заметно возросла: погрешности измерения E_γ для большинства переходов составляют 20-80 эВ, а I_γ - 5-15%.

Таблица 1

Сведения о γ -переходах при распаде $^{208}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{At}$;
 $E_{\gamma} < 620 \text{ кэВ}$, $I_{\gamma 251,05} = 100,0 \pm 2,4$; $I_{K 251,05} =$
 $= 76,5 \pm 4,6/$

$E_{\gamma}, \text{кэВ}$	$I_{\gamma}, \text{отн.ед.}$	$I_{e^{-}}, \text{отн.ед.}$	Мультишольн.	$I_{\text{полн.}}$
1	2	3	4	5
23,53 \pm 0,02	4,8 \pm 1,3	$M_1: 165 \pm 50$	MI	838 \pm 208
40,17 \pm 0,01	20,7 \pm 1,4	$L_1: 528 \pm 62$ $L_2: 67 \pm 17$ $L_3: 6,7 \pm 2,3$ $M: 153 \pm 18$ $N: 50 \pm 10$ $O: 23 \pm 7$	MI	779 \pm 55
50,09 \pm 0,01	35,2 \pm 2,5	$L_1: 464 \pm 54$ $L_2: 48 \pm 8$ $M: 93 \pm 23$ $O: 7,6 \pm 2,3$	MI	694 \pm 18
59,959 \pm 0,006	38,3 \pm 2,7	$L_1: 286 \pm 33$ $L_2: 39 \pm 8$ $M: 80 \pm 17$ $N: 14,4 \pm 3,0$	MI	420 \pm 29
114,6 \pm 0,3	1,9 \pm 0,4	$K: 40 \pm 16$	(M2)	(74)
123,415 \pm 0,032	8,1 \pm 1,2	$K: 33 \pm 5$	MI, MI+E2	73 \pm 9
134,18 \pm 0,08	4,2 \pm 0,4	$K: 19,4 \pm 3,1$	MI	27,3 \pm 2,7
144,44 \pm 0,03	10,0 \pm 1,8	$K: 31 \pm 6$	MI, MI+E2	54 \pm 10

1	2	3	4	5
160,5 \pm 0,8	2,7 \pm 0,6	$K: 7,9 \pm 2,4$	MI	11,5 \pm 3,7
163,2 \pm 0,4	3,0 \pm 0,8	$K: 7,9 \pm 1,9$	MI, MI+E2	12,3 \pm 3,2
169,7 \pm 0,5	2,7 \pm 0,7	$K: 17,4 \pm 2,8$	(L2)	-
173,50 \pm 0,06	16,6 \pm 1,7	$K: 34,0 \pm 3,9$	MI	60 \pm 9
184,56 \pm 0,05	8,4 \pm 1,3	$K: 13,9 \pm 3,6$	MI, MI+E2	27 \pm 4
187,52 \pm 0,05	5,1 \pm 0,8	$K: 9,3 \pm 1,2$	MI	15,8 \pm 2,5
192,367 \pm 0,021	18,9 \pm 1,9	$K: 29,7 \pm 2,4$	MI, MI+E2	56 \pm 6
198,96 \pm 0,15	4,5 \pm 0,4	$K: 7,1 \pm 1,1$	MI	12,4 \pm 1,2
213,61 \pm 0,10	8,8 \pm 1,0	$K: 2,19 \pm 0,35$	MI+E2	
226,83 \pm 0,08	3,4 \pm 0,5	$K: (I)$	(MI+E2)	4,0(E2)
244,31 \pm 0,04	18,9 \pm 1,9	$K: 18,0 \pm 1,0$	MI	37,9 \pm 3,8
245,8 \pm 1,0	6,4 \pm 1,0	$K: 6,2 \pm 1,0$	(MI)	(12,8 \pm 2,0)
251,048 \pm 0,032	100,0 \pm 2,4	$K: 76,5 \pm 4,6$ $L: 14,1 \pm 1,6$ $M: 3,4 \pm 0,4$	MI	194 \pm 5
259,649 \pm 0,033	10,0 \pm 1,1	-	-	-
287,160 \pm 0,022	56,8 \pm 2,3	$K: 27,0 \pm 2,2$	MI, MI+E2	93,8 \pm 3,8
295,933 \pm 0,022	13,7 \pm 0,5	-	-	-
306,77 \pm 0,04	18,3 \pm 1,8	$K: 7,0 \pm 1,0$	MI, MI+E2	28,2 \pm 2,8
316,46 \pm 0,08	22,1 \pm 2,2	$K: 8,1 \pm 0,9$	MI, MI+E2	33,3 \pm 3,3
325,293 \pm 0,016	42,5 \pm 1,7	$K: 14,1 \pm 1,1$ $L: 2,9 \pm 0,6$	MI	62,0 \pm 2,5
350,026 \pm 0,021	66,6 \pm 2,3	$K: 22,3 \pm 2,6$	MI	91,6 \pm 3,2

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
361,30±0,10	17,5±1,2	K : 5,9±1,2	MI	23,5±1,6
365,337±0,024	46,1±2,1	-	-	-
379,847±0,015	36,9±1,2	K : 10,2±1,2	MI	48,0±1,4
390,57±0,04	24,9±2,0	K : 6,4±0,6	MI	31,9±2,6
399,87±0,08	10,1±1,2	-	-	-
413,96±0,06	18,6±1,3	K : 2,7±0,4	MI+E2	-
421,21±0,10	7,0±1,0	-	-	-
426,780±0,021	141±4	K : 28,1±2,2 L : 4,9±0,6	MI	172±5
435,55±0,06	6,5±1,1	K : ~1,7	(MI)	(7,8)
471,956±0,025	39,4±2,0	K : 13,3±2,1		
473,440±0,022	48,3±2,4			
479,651±0,020	46,3±1,3	K : 4,8±0,6	MI,MI+E2	53,7±1,5
486,793±0,028	31,2±1,3	-	-	-
531,97±0,03	15,7±1,4	-	-	-
537,69±0,05	23,6±1,5	-	-	-
560,425±0,017	37,1±1,4	K : ~2,3	(MI+E2)	-
580,399±0,025	20,0±1,6	K : 1,43±0,3	MI,MI+E2	21,8±2,2
620,472±0,023	36,9±2,2	K : 1,50±0,34	MI+E2	-

В интервале энергий 15-600 кэВ определены относительные интенсивности конверсионных электронов, соответствующих 38 переходам в ^{208}At . Для переходов 40,17; 50,09 и 59,959 кэВ экспериментальные отноше-

Таблица 2

Энергии и интенсивности γ -лучей, сопровождающих распад $^{208}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{At} / E_\gamma > 620 \text{ кэВ}, I_{\gamma 251,05} = 100,0 \pm 2,4/$

$E_\gamma, \text{кэВ}$	$I_\gamma, \text{отн.ед.}$	$E_\gamma, \text{кэВ}$	$I_\gamma, \text{отн.ед.}$
643,5±2,0	3,8±0,8	1129,32±0,09	1,5±0,3
655,08±0,09	13,9±1,9	1140,60±0,09	3,5±0,4
701,69±0,09	9,9±1,2	1145,3±0,06	4,8±0,6
713,9±1,0	2,2±0,4	1156,54±0,07	6,3±0,5
730,76±0,07	6,6±1,0	1177,1±0,04	32,2±1,8
731,7±1,0	3,3±0,6	1201,2±0,04	6,1±0,4
739,620±0,032	27,2±1,6	1206,48±0,15	2,01±0,30
767,17±0,12	15,7±1,6	1219,62±0,07	3,3±0,4
778,58±0,06	5,73±0,37	1226,08±0,04	40,2±2,0
786,608±0,023	15,7±1,6	1268,8±1,5	1,3±0,4
805,237±0,030	32,8±1,2	1284,95±0,06	8,5±0,9
820,057±0,028	24,0±1,6	1287,17±0,12	5,7±0,9
826,67±0,07	5,3±0,9	1306,0±0,04	5,50±0,35
833,79±0,22	3,6±0,7	1317,81±0,09	4,13±0,31
841,532±0,028	19,6±1,6	1324,21±0,06	6,54±0,27
852,96±0,08	11,9±0,9	1357,46±0,05	4,1±0,3
865,91±0,04	10,7±0,6	1365,69±0,07	11,5±0,4
879,7±0,2	5,2±0,7	1378,95±0,05	14,6±0,7
920,26±0,04	10,9±0,6	1424,0±1,0	1,9±0,6
930,0±0,5	1,66±0,24	1429,48±0,06	13,4±0,9
939,296±0,029	35,0±0,8	1431,73±0,06	10,0±0,7
943,36±0,19	4,4±0,6	1465,3±1,5	2,7±0,5
951,91±0,04	54,3±1,7	1507,50±0,23	1,51±0,18
964,01±0,06	18,5±0,8	1560,59±0,33	2,50±0,31
994,41±0,18	3,7±0,6	1669,86±0,07	3,13±0,39
1011,42±0,08	6,8±0,6	1674,46±0,15	2,25±0,21
1051,0±1,0	1,9±0,3	1771,6±0,7	2,7±0,4
1081,02±0,38	1,6±0,4	1845,30±0,06	14,5±0,5
1088,21±0,15	2,6±0,5	1850,52±0,16	1,52±0,33
1120,4±0,6	2,1±0,4	2151,65±0,08	4,0±0,4
1125,1±2,0	1,1±0,2		

ния $I_{L_I} : I_{L_{II}}$ согласуются с теоретическими лишь для $M1$ - мультипольности.

Переход, кэВ	$L_I : L_{II}$, эксп.	$L_I : L_{II}$, теория /13/		
		$M1$	$E1$	$E1$
40,17	100:/12,7±3,5/	100:10,4	100:71	2,6:100
50,09	100:/10,3±2,1/	100:10,7	100:78	2,5:100
59,959	100:/13,6±3,0/	100:10,9	100:69	2,7:100

Нормировка интенсивностей I_γ и I_e по каждому из этих переходов приводит к значениям a_k для перехода 251,05 кэВ, соответственно равным 0,75±0,11; 0,74±0,12 и 0,76±0,10. Эти величины согласуются с теоретическими a_k лишь для $M1$ -мультипольности - 0,765 / a_k равен 0,04 для $E1$ и 0,100 для $E2$ /. Вывод о $M1$ -мультипольности перехода 251,05 кэВ подтверждается хорошим совпадением экспериментальных отношений $I_k : I_L : I_M = 100 : /18,4±2,9/ : /4,4±0,7/$ с теоретическими 100:17,4:4,4 для мультипольности $M1$. Связь шкал интенсивностей γ -лучей и конверсионных электронов осуществлена по переходу 251,05 кэВ. Если принять для него $a_k = 0,765^{13}$, то $I_{K251,05} = 76,5±4,6$ γ -единиц. Выводы о мультипольности остальных переходов сделаны путем сравнения экспериментальных КВК с теоретическими и приведены в 4-м столбце табл. 1. Мультипольности некоторых интенсивных переходов с энергиями до 600 кэВ не удалось определить, так как соответствующие им линии в спектре конверсионных электронов перекрываются с линиями, связанными с интенсивными переходами дочерних изотопов.

Полные интенсивности переходов /последний столбец табл. 1/ определены по I_γ и теоретическим КВК для чистых мультипольностей.

Приведенные в табл. 1 интенсивности I_γ , I_e и $I_{полн.}$ можно выразить в процентах на распад, если предположить, что уровень 23,53 кэВ /см. рис. 2/ заселяется в 33% случаев распадов $^{208}\text{Rn}/1/$. Тогда I_γ -единица табл. 1 = /0,039±0,010/% на распад ^{208}Rn .

Сложность спектра γ -лучей ^{208}Rn и его дочерних изотопов /более 500 линий/ и небольшой период полу-

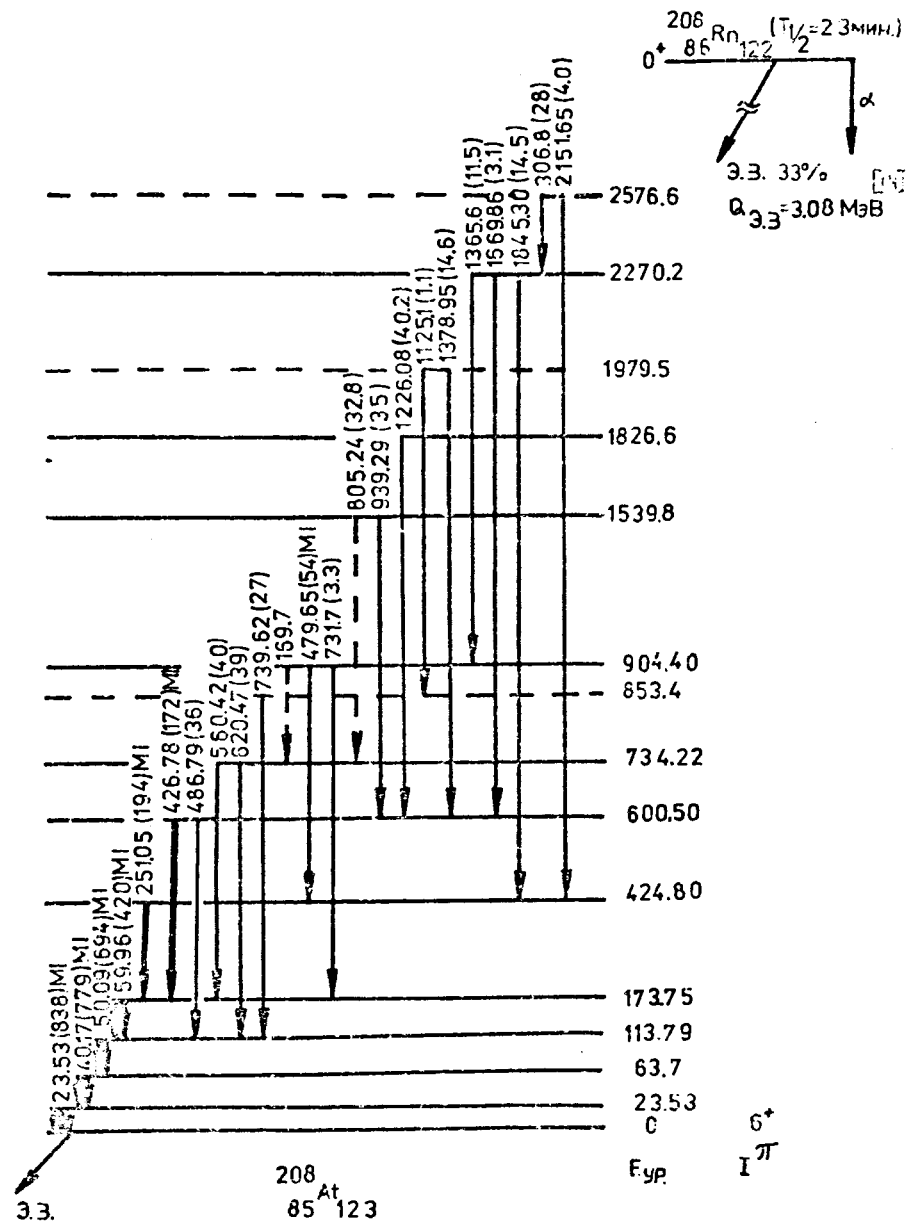


Рис. 2. Фрагмент схемы распада $^{208}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{At}$.

распада ^{208}Rn не позволили нам в настоящее время провести количественную обработку спектров $\gamma\gamma$ -совпадений. Все же можно утверждать, что существуют следующие интенсивные совпадения: $[\gamma 244,31 / \gamma 316,50 / \gamma 251,05 / [\gamma 479,65; 786,61; 852,96; /1429,48+1431,73/; 1845,30]]$, $[\gamma 350,03 / [\gamma /471,96+473,44/; 951,51]]$, $[\gamma 426,78 / \gamma 939,30; 1226,08 /, [\gamma /471,96+473,44/]]$ $[\gamma 479,65; 951,51/$. В этих случаях интенсивность совпадений более чем в 2-3 раза превышает фон.

Измерены $e\gamma$ -совпадения: $/M_1 23,53 - \gamma /$, $/L_1 50,09 - \gamma$ и $/L_1 59,96 - \gamma /$. Отношения интенсивностей $I_{e\gamma} / I_\gamma$ свидетельствуют о том, что переходы с энергиями 23,53; 50,09 и 59,959 кэВ находятся в прямом каскаде.

ФРАГМЕНТ СХЕМЫ РАСПАДА $^{208}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{At}$

Квантовые характеристики четно-четного ядра $^{208}\text{Rn} - I^\pi = 0^+$. Спин основного состояния ^{208}At согласно правилам Нордгейма должен быть равен 6, а четность по модели оболочек - положительная. Отсюда следует, что при распаде $^{208}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{At}$ естественно ожидать заселения уровней ^{208}At с малыми значениями спинов и развития каскадов $\gamma\gamma$ -переходов в дочернем ядре.

Предложенный фрагмент схемы распада $^{208}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{At}$ приведен на рис. 2.

1. Наиболее интенсивные переходы в ^{208}At , обнаруженные нами при исследовании распада ^{208}Rn , имеют энергии 23,53; 40,17; 50,09 и 59,959 кэВ и мультипольность типа $M1$. Интенсивности этих переходов относятся, как 100:93:83:50, что позволяет нам разместить их в порядке, указанном на рис. 2. То, что переходы с энергиями 23,53; 40,17; 50,09 и 59,959 находятся в прямом каскаде, следует также из соответствующих отношений интенсивностей $I_{e\gamma} / I_\gamma$. Возбужденные состояния ^{208}At с энергиями 23,5 и 63,6 кэВ наблюдались также при α -распаде $^{212}\text{Fr} / 15/$

2. Наиболее интенсивными переходами с энергией выше 60 кэВ являются переходы 251,048 и 426,780 кэВ. Отсутствие совпадений $[\gamma 251,05 / \gamma 426,78/$, наличие совпадений $/L_1 59,96 / \gamma 251,05; 426,78/$, а также большой дефицит интенсивности для уровня 173,75 кэВ позволяют ввести возбужденные состояния ^{208}At с энергиями 424,80 и 600,50 кэВ. Введение уровня с энергией 600,50 кэВ подтверждается также наличием совпадений $/L_1 50,09 / \gamma 486,79/$ и отсутствием совпадений $/L_1 59,96 / \gamma 486,79/$.

3. При исследовании спектров $e\gamma$ -совпадений не обнаружены совпадения $L_1 59,96$ с $\gamma 620,47$ и $\gamma 739,62$ кэВ, в то время как наблюдаются совпадения указанных γ -переходов с $L_1 50,09$. Этот результат позволяет предположить, что переходы 620,47 и 739,62 кэВ идут на уровень 113,79 кэВ, и соответственно ввести уровни с энергиями 734,22 и 853,40 кэВ.

4. Уровни 904,4 и 2270,2 кэВ введены на основании совпадений $[\gamma 251,05 / \gamma 479,65; 1845,30/$.

5. Уровни 1539,80; 1826,60 и 1979,5 кэВ введены на основании совпадений $[\gamma 426,78 / \gamma 939,29; 1226,08; 1378,95/$.

6. Наличие слабых совпадений $[\gamma 306,77 / \gamma 1845,30/$ позволяет ввести возбужденное состояние ^{208}At с энергией 2576,6 кэВ.

7. Из табл. 1 и 2 видно, что из 107 обнаруженных нами переходов в ^{208}At более 40 имеют довольно высокую интенсивность $[\geq 20 \gamma\text{-единиц}]$. Отсюда следует, что количественное обоснование схемы распада $^{208}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{At}$ можно будет сделать лишь после размещения в ней по крайней мере этих интенсивных переходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lewis M.B. Nucl. Data Sheets, 1971, 5B, No. 3.
2. Вылов Ц. и др. ОИЯИ, Дб-7094, Дубна, 1973, с.151.

3. Афанасьев В.П. и др. ОИЯИ, Дб-7094, Дубна, 1973, с.153.
4. Вылов Ц. и др. Программа и тезисы докладов XXV совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", М.-Л., 1975, с.154.
5. Martin M.J. Nucl. Data Sheets, 1971, 5B, No. 3.
6. Вахтель В.М. и др. Программа и тезисы докладов XXV Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", М.-Л., 1975, с.155.
7. Колачковски А., Норсеев Ю.В. ОИЯИ, Рб-6923, Дубна, 1973.
8. Вылов Ц. ОИЯИ, Рб-10417, Дубна, 1977.
9. Вылов Ц. и др. ОИЯИ, Рб-11085, Дубна, 1977.
10. Андерт К. и др. ОИЯИ, Рб-8564, Дубна, 1975.
11. Гасиор М. и др. ОИЯИ, Дб-7094, Дубна, 1973, с.167.
12. Вылов Ц. и др. ОИЯИ, Рб-9071, Дубна, 1975.
13. Hager R.S., Seltzer E.C. Nucl. Data, 1968, 4A, No.1,2.
14. Wapstra A.H., Bos K. At. Data and Nucl. Data Tables, 1977, 19, No. 3.
15. Головков Н.А. и др. ОИЯИ, Дб-7094, Дубна, 1973, с.158.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 июля 1978 года.