

✓

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

508104094 ДУБНА

P6-80-763

Н.А.Бонч-Осмоловская, Нго Фу Ан, С.Бацев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ  
 $123,125\text{ J}$  ИЗ РАСПАДА  $123,125\text{ Xe}$

Направлено в "Известия АН СССР, серия физическая".

1980

Бонч-Осмоловская Н.А., Нго Фу Ан, Бацев С. P6-80-763

Исследование возбужденных состояний  $^{123, 125} \text{I}$   
из распада  $^{123, 125} \text{Xe}$

На бета-спектрометре с  $\text{Si(Li)}$ -детектором измерены спектры электронов внутренней конверсии /в диапазоне от 110 до 1200 кэВ/, возникающие при распаде  $^{123, 125} \text{Xe}$ . Определены мультипольности  $\gamma$ -переходов и спины, четности возбужденных состояний  $^{123, 125} \text{I}$ .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

Bonch-Osmolovskaya N.A., Ngo Fu An,  
Batsev S.

P6-80-763

Investigation of  $^{123, 125} \text{I}$  Excited States  
from the  $^{123, 125} \text{Xe}$  Decay

Spectra of internal conversion electrons are measured by using the beta-spectrometer with  $\text{Si(Li)}$  detector (within 110 up to 1200 keV range) appearing at the decay of  $^{123, 125} \text{Xe}$ .  $\gamma$ -transition multipolarities and spins, parities of  $^{123, 125} \text{I}$  excited states are determined.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1980

Распад радиоактивных ядер  $^{123}\text{Xe}$  / $T_{1/2} = 2,08$  ч/ и  $^{125}\text{Xe}$  / $T_{1/2} = 17$  ч/ исследовался в работах /1,2/ и др.\* и /3-6/ и др.\*, соответственно. Во всех указанных работах исследования проводились главным образом методами  $\gamma$ -спектроскопии и  $\gamma\gamma$ -совпадений. В работе /6/ измерялись спектры  $\gamma\gamma$ -совпадений ( $^{125}\text{Xe}$ ).

В конечном итоге были построены достаточно полные схемы распада  $^{123}, ^{125}\text{Xe}$ . Так, в /2/ в схеме распада  $^{123}\text{Xe}$  размещено 103 перехода из 108 наблюдаемых, а в схеме распада  $^{125}\text{Xe}$  в /6/ из 42 переходов неразмещенными остались только 5, суммарная интенсивность которых не более 0,1% на распад  $^{125}\text{Xe}$ . Однако, несмотря на сравнительную полноту построения схем распада  $^{123}, ^{125}\text{Xe}$ , квантовые характеристики были определены только для нескольких нижних возбужденных состояний  $^{123}, ^{125}\text{I}$ , поскольку были известны мультипольности только мягких  $\gamma$ -переходов. Некоторая информация о спинах верхних возбужденных состояний  $^{123}, ^{125}\text{I}$  была получена в реакциях ( $^3\text{He}, d$ ) /7,8/, однако во многих случаях данные обеих работ противоречили друг другу и, кроме того, даже в случае их согласия, для заключения о четности состояний не хватало знаний мультипольностей  $\gamma$ -переходов. С целью определения и уточнения квантовых характеристик верхних возбужденных состояний  $^{123}, ^{125}\text{I}$  мы предприняли измерения спектров электронов внутренней конверсии /ЭВК/, возникающих при распаде  $^{123}, ^{125}\text{Xe}$ , в диапазоне энергий от 110 до 1200 кэВ.

Измерения проводились на  $\beta$ -спектрометре с Si(Li)-детектором, помещенным в однородное магнитное поле /9/. Разрешающая способность спектрометра в наших измерениях составляла в среднем 2,5 кэВ. Получаемая экспериментальная информация обрабатывалась на ЭВМ "Минск-2" /предварительный этап/ и на CDC-6500.

Результаты измерений спектров ЭВК при распаде  $^{123}\text{Xe}$  и  $^{125}\text{Xe}$  представлены в табл. 1 и 2, соответственно. В таблицах приведены не все переходы, возникающие при распаде  $^{123}, ^{125}\text{Xe}$ , а только проявившиеся в наших спектрах ЭВК.

Для расчетов коэффициентов внутренней конверсии /КВК/  $\gamma$ -переходов значения  $I_\gamma$  для  $^{123}\text{I}$  использовались из работы /2/, а для  $^{125}\text{I}$  - из данных /6/. Связь шкал  $I_\gamma$  и  $I_e$  для расчетов

---

\* Мы не приводим ссылок на более ранние работы по сравнению с /1/ и /3/.

Таблица 1

Данные о гамма-переходах при распаде  $^{123}\text{Xe}$ 

| $E_\gamma(\Delta E_\gamma)/2/кэВ$ | обол.         | $I_\gamma(\Delta I_\gamma)$     | $I_\beta(\Delta I_\beta)/2/$ | $\alpha_i(\Delta\alpha_i) \cdot 10^3$ | Мульти.    |
|-----------------------------------|---------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------|
| 148,9(2)                          | { K<br>M      | 100,0(34)<br>5,46(30)           | { 100                        | 320(20)<br>17,5(15)                   | { E2       |
| 178,1(2)                          | { L<br>M<br>K | 1,70(5)<br>0,365(22)<br>1,50(5) | { 30,5(15)                   | 17,9(25)<br>3,8(7)<br>27(4)           | { M1       |
| 330,2(2)                          | { L<br>M      | 0,174(10)<br>0,039(6)           | { 17,5(10)                   | 3,2(6)<br>0,70(12)                    | { M1       |
| 474,2(2)                          | K             | 0,0075(16)                      | 0,21(3)                      | 11,4(30)                              | M1, E2     |
| 680,5(2)                          | K             | 0,0079(29)                      | 0,41(3)                      | 6,1(23)                               | M1(E2)     |
| 691,5(3)                          | K             | 0,0037(24)                      | 0,23(3)                      | 5,1(32)                               | M1, E2     |
| 718,5(2)                          | K             | 0,005(4)                        | 0,35(3)                      | 4,5(35)                               | M1, E2(E1) |
| 728,3(2)                          | K             | 0,008(6)                        | 0,25(3)                      | 10(8)                                 | не E1      |
| 782,9(2)                          | K             | 0,0082(14)                      | 0,91(9)                      | 2,9(7)                                | M1, E2     |
| 816,3(3)                          | K             | 0,006(5)                        | 0,15(2)                      | 13(11)                                | не E1      |
| 870,7(3)                          | K             | 0,0072(32)                      | 0,58(7)                      | 4,0(19)                               | M1(E2)     |
| 899,6(4)                          | { K<br>L      | 0,0403(23)<br>0,0072(22)        | { 5,0(5)                     | 2,6(4)<br>0,45(18)                    | { M1       |
| 909,0(4)                          | K             | 0,0021(8)                       | 0,18(2)                      | 3,7(15)                               | M1         |
| 912,0(4)                          | K             | 0,0018(7)                       | 0,17(2)                      | 3,4(13)                               | M1         |
| 934,9(3)                          | K             | 0,0064(16)                      | 0,64(?)                      | 3,2(18)                               | M1, E2     |
| 964,0(3)                          | K             | 0,0066(14)                      | 1,10(10)                     | 1,9(5)                                | M1, E2     |
| 979,4(3)                          | K             | 0,0037(7)                       | 0,58(7)                      | 2,0(5)                                | M1(E2)     |
| 1060,7(4)                         | K             | 0,0099(20)                      | 1,60(20)                     | 2,0(5)                                | M1         |
| 1064,3(4)                         | K             | 0,0064(13)                      | 1,35(15)                     | 1,5(4)                                | M1, E2     |
| 1093,4(3)                         | K             | 0,0217(27)                      | 5,7(5)                       | 1,22(21)                              | M1, E2     |
| 1113,1(3)                         | K             | 0,0113(11)                      | 3,20(30)                     | 1,12(17)                              | E2(M1)     |

Таблица 2

Данные о гамма-переходах при распаде  $^{125}\text{Xe}$ 

| $E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})/6/кэВ$ | обол. | $I_{\theta}(\Delta I_{\theta})$ | $I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})/6/$ | $\alpha: (\text{ад}) \cdot 10^2$ | Мульти. |
|---------------------------------------|-------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------|
| 188,418(4)                            | K     | 100,0(16)                       | 100,0(18)                          | 12(1)                            | MI      |
|                                       | L     | 14,27(20)                       |                                    |                                  |         |
|                                       | M     | 3,38(7)                         |                                    |                                  |         |
| 243,378(5)                            | K     | 30,5(5)                         | 55,7(11)                           | 6,53 теор.                       | E2      |
|                                       | L     | 5,72(9)                         |                                    |                                  |         |
|                                       | M     | 1,41(4)                         |                                    |                                  |         |
| 340,22(10)                            | K     | 0,007(2)                        | 0,037(4)                           | 2,2(7)                           | E2, MI  |
| 372,081(14)                           | K     | 0,050(2)                        | 0,317(7)                           | 1,88(17)                         | E2, MI  |
| 453,796(11)                           | K     | 0,807(14)                       | 8,68(18)                           | 1,11(9)                          | E2, MI  |
|                                       | L     | 0,099(3)                        |                                    |                                  |         |
|                                       | M     | 0,021(2)                        |                                    |                                  |         |
| 635,824(18)                           | K     | 0,017(2)                        | 0,430(9)                           | 0,47(7)                          | E2(MI)  |
|                                       | L     | 0,0038(11)                      |                                    |                                  |         |
| 727,096(23)                           | K     | 0,0028(8)                       | 0,102(3)                           | 0,33(11)                         | E2, MI  |
| 846,511(18)                           | K     | 0,043(2)                        | 2,06(7)                            | 0,248(24)                        | MI      |
|                                       | L     | 0,0049(12)                      |                                    |                                  |         |
| 901,505(32)                           | K     | 0,0176(18)                      | 1,074(24)                          | 0,20(4)                          | E2, MI  |
|                                       | L     | 0,0041(12)                      |                                    |                                  |         |
| 937,492(23)                           | K     | 0,0031(10)                      | 0,280(6)                           | 0,13(4)                          | E2      |
| 1007,431(25)                          | K     | 0,0039(13)                      | 0,299(6)                           | 0,16(5)                          | E2, MI  |
| 1138,229(26)                          | K     | 0,0049(15)                      | 0,556(15)                          | 0,11(4)                          | E2, MI  |
| 1180,838(25)                          | K     | 0,0098(19)                      | 1,267(26)                          | 0,09(3)                          | E2, MI  |

КВК в случае  $^{125}\text{I}$  осуществлялась в предположении, что  $\gamma$ -переход 243 кэВ является чистым  $E2$  /3/. В случае  $^{123}\text{I}$  использовалось экспериментальное значение  $\alpha_k = 0,32(2)$  для  $\gamma$ -перехода 148 кэВ, измеренное в работе /2/.

В результате расчетов КВК и сопоставления их с теоретическими значениями /10/, удалось впервые определить мультипольности 18  $\gamma$ -переходов в  $^{123}\text{I}$  и 9  $\gamma$ -переходов в  $^{125}\text{I}$ . Мультипольности других переходов, а именно: 178 кэВ в  $^{125}\text{I}$  /2/ и 188, 372, 453 кэВ в  $^{125}\text{I}$  /3/, совпадают с нашими заключениями /табл.1,2/. Уточнена мультипольность  $\gamma$ -перехода 330 кэВ в  $^{123}\text{I}$ . В работе /2/ она была определена как  $M1, E2$ . Согласно полученным нами значениям  $\alpha_{L,M}$ , она может быть только  $M1$ .

### СХЕМА РАСПАДА $^{123}\text{Xe}$ И $^{125}\text{Xe}$

На рис.1,2 приведены фрагменты схем распада  $^{123}\text{Xe}$  и  $^{125}\text{Xe}$ , взятые соответственно из /2/ и /6/, где участвуют  $\gamma$ -переходы с определенными мультипольностями.

Учитывая мультипольности  $\gamma$ -переходов, а также вероятности  $\beta$ -распада /2,6/, мы попытались установить спины и четности возбужденных состояний  $^{123}\text{I}$  и  $^{125}\text{I}$ . Мы определили, что уровни 1011, 1048, 1113, 1242, 1310, 1390, 1864, 1934 кэВ ( $^{123}\text{I}$ ) и 1007, 1089, 1180, 1381 кэВ ( $^{125}\text{I}$ ) могут иметь спин либо  $1/2^+$ , либо  $3/2^+$ . Более однозначный вывод о спинах этих уровней в ряде случаев помогают сделать результаты опытов по ядерным реакциям ( $^3\text{He}, d$ ) /7,8/. Рассмотрим последовательно наши данные и данные реакций для каждого ядра.

#### Уровни $^{123}\text{I}$

Для состояний 1048, 1242, 1864 кэВ в обеих работах /7,8/ получено значение передаваемого орбитального момента  $l=0$  ( $I=1/2$ ), а для состояний 1011, 1310 кэВ  $l=2$  ( $I=3/2, 5/2$ ). Отсюда следует определенный вывод, что спин первой группы уровней -  $1/2^+$ , а второй -  $3/2^+$ .

Не нашлось аналога в реакциях уровню 1113 кэВ /рис.1/. Не ясно, почему авторы /8/ связали с ним обнаруженное ими состояние 1150 кэВ. Очевидно, что оно относится к уровню 1152 кэВ, наблюдаемому и в работе /7/, а также введенному предположительно /2/ при распаде  $^{123}\text{Xe}$  /энергия 1153 кэВ/.

Также не идентифицировано в реакциях состояние с энергией 1390 кэВ /рис.1/. В /7/ приводится состояние с энергией 1368 кэВ, а в /8/ - с энергией 1370 кэВ, но, по-видимому, это другой уровень, поскольку различие в энергиях велико.

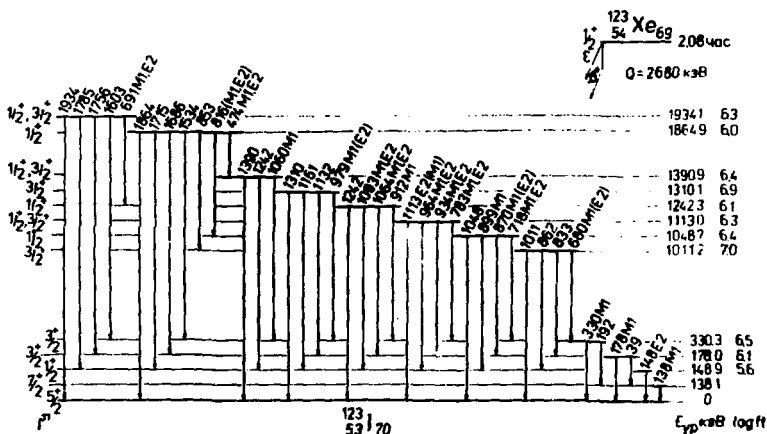


Рис. 1. Фрагмент схемы распада  $^{123}\text{Xe}$ .

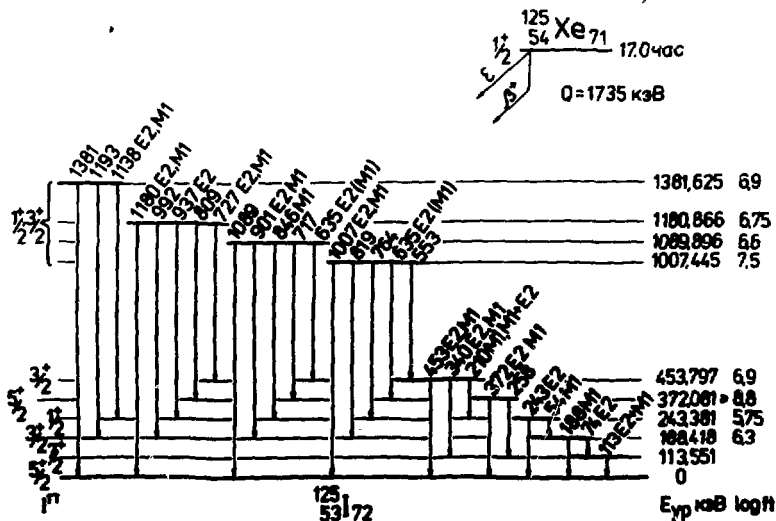


Рис. 2. Фрагмент схемы распада  $^{125}\text{Xe}$ .

В работе <sup>7/</sup> обнаружено состояние 1928 кэВ, близкое по энергии к возбуждающемуся при распаде <sup>123</sup>Xe 1934 кэВ /рис.1/. Однако, по мнению авторов <sup>7/</sup>, это - дублет  $\ell = 0+2$ , и, таким образом, трудно сделать однозначный вывод - будет ли спин его 1/2 или 3/2.

На рис.1 не приведено известное из распада <sup>123</sup>Xe состояние 2062 кэВ <sup>8/</sup>, поскольку из наших экспериментов не следует прямых сведений о его квантовых характеристиках. Гамма-переход 909 кэВ, мультипольность которого мы определили как M1 /табл.1/, разряжает этот уровень на состояние 1153 кэВ / I =  $\approx 3/2, 5/2$  <sup>7,8/</sup> /, четность которого нам не удалось установить. Однако уровень 2062 кэВ весьма интенсивно заселяется при распаде <sup>123</sup>Xe ( $\log ft = 5,8$ ), и, вероятнее всего, спин его должен быть 1/2<sup>+</sup> или 3/2<sup>+</sup>, а спин уровня 1153 кэВ должен быть, следовательно, 3/2<sup>+</sup>. Значение спина 5/2<sup>+</sup> для уровня 1153 кэВ в этом случае следует исключить, поскольку величина  $\log ft = 7,9$  <sup>1/2/</sup> мала для дважды запрещенного  $\beta$ -перехода на него.

### Уровни <sup>125</sup>I

Как указывалось выше, для возбужденных состояний <sup>125</sup>I 1007, 1089, 1180, 1381, кэВ /рис.2/ мы определили квантовые характеристики как I<sup>n</sup>  $\approx 1/2^+$  или 3/2<sup>+</sup>. К сожалению, в этом случае данные ядерных реакций не позволяют решить эту дилемму. Полученные в <sup>7,8/</sup> сведения о спинах этих уровней весьма противоречивы. Так, в работе <sup>7/</sup> спин уровня 1007 кэВ /энергия 1005 кэВ/ определяется как 1/2, а в работе <sup>8/</sup> /энергия 1010 кэВ/ - как 3/2, 5/2. Уровень 1089 кэВ, по сведениям <sup>7,8/</sup>, - дублет, но, согласно <sup>7/</sup>, этот дублет 1/2 + 11/2 /энергия 1087 кэВ/, а согласно <sup>8/</sup> - 3/2, 5/2 + 11/2 //1090 кэВ/. Спин уровня 1381 кэВ в работе <sup>7/</sup> /энергия 1381 кэВ/ определен также как дублет 1/2 + 3/2, 5/2, а в работе <sup>8/</sup> /1390 кэВ/ приведено значение I = 3/2, 5/2. Для состояния 1180 кэВ не наблюдается в ядерных реакциях уровней с близкой энергией. Возбуждаемые в них состояния 1198 кэВ <sup>7/</sup> и 1210 кэВ <sup>8/</sup> заметно отличаются по энергии от состояния 1180 кэВ.

Однако результаты опытов по реакциям (<sup>3</sup>He, d) позволяют решить вопрос о спине нижнего уровня <sup>125</sup>I 372 кэВ. Ранее из данных по распаду <sup>125</sup>Xe указывалось <sup>8/</sup>, что возможные значения спина этого уровня 5/2<sup>+</sup>, 7/2<sup>+</sup>, 9/2<sup>+</sup>. В обеих работах <sup>7,8/</sup> для уровня 372 кэВ получено значение I = 3/2, 5/2. Таким образом, ему можно однозначно приписать спин 5/2<sup>+</sup>.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Gföller D., Schöneberg R., Flammersfeld A. Z.Phys., 1968, 208, p.299.
2. Stippler R., Lode D., Schrader H. Z.Phys., 1971, 242, p.121.
3. Geiger J.S. Phys.Rev., 1967, 158, No.4, p.1094.
4. Ludziejewski J. et al. Acta Phys.Pol., 1969, 36, p.939.
5. Ludziejewski J., Klamra W., Kownacki J. Acta Phys.Pol., 1970, B1, p.189.
6. Бонч-Осмоловская Н.А. и др. Изв АН СССР, сер. физ., 1980, т.44, №9, с.1861.
7. Lien J.R. et al. Nucl.Phys., 1977, A281, p.443.
8. Szanto de Toledo A. et al. Phys.Rev., 1977, 15C, p.238.
9. Береги Е. и др. ОИЯИ, P13-6830, Дубна, 1972.
10. Hager R.S., Seltzer E.C. Nucl.Data, 1968, A4, p.1.

Рукопись поступила в издательский отдел  
26 ноября 1980 года.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

| Индекс | Тематика   |
|--------|--|
| 1.     | Экспериментальная физика высоких энергий   |
| 2.     | Теоретическая физика высоких энергий   |
| 3.     | Экспериментальная нейтронная физика  |
| 4.     | Теоретическая физика низких энергий  |
| 5.     | Математика   |
| 6.     | Ядерная спектроскопия и радиохимия   |
| 7.     | Физика тяжелых ионов   |
| 8.     | Криогеника   |
| 9.     | Ускорители   |
| 10.    | Автоматизация обработки экспериментальных данных   |
| 11.    | Вычислительная математика и техника  |
| 12.    | Химия  |
| 13.    | Техника физического эксперимента   |
| 14.    | Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами   |
| 15.    | Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях   |
| 16.    | Дозиметрия и физика защиты   |
| 17.    | Теория конденсированного состояния   |
| 18.    | Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники |



Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.  
Заказ 28983. Тираж 440. Уч.-изд. листов 0,74.  
Редактор Б.Б.Колесова.  
Набор В.С.Румянцевой, Н.И.Коротковой.  
Макет Н.А.Киселевой. Подписано к печати 17.12.80.