

СЗ41.2Г
Д-458

13/12-69

Р6 - 4592

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ЯДЕР ЦЕЗИЯ**

III часть. Изомерное состояние в ядре ^{123}Cs

P6 - 4592

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ЯДЕР ЦЕЗИЯ

III часть. Изомерное состояние в ядре ^{123}Cs

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

79 25/2 чр.

1. Введение

Целью настоящей работы явился поиск изомерных состояний в ядре ^{123}Cs . Возможность существования изомерного (ЕЗ)-перехода в этом ядре предсказывают теоретические расчёты^{/1/}. По этим расчётам такой переход связан с наличием отрицательной равновесной деформации основного и низколежащих состояний в ядре ^{123}Cs . Надо заметить, что имеющиеся экспериментальные данные о существовании отрицательной равновесной деформации ядер в области $50 \leq Z$, $N \leq 82$ весьма ограничены^{/2,3/}.

2. Методика эксперимента

Измерения проводились при помощи Ge(Li) - детектора^{/2/} и β -спектрометра^{/4/}, работающих на пучке циклотрона тяжелых ионов. Для исследования характеристического рентгеновского К - излучения использовался NaI(Tl) - детектор, также работающий на пучке. Изучение распада изомера $^{123\text{m}}\text{Cs}$ осуществлялось при импульсном облучении тонких металлических мишеней из серебра-109 (^{109}Ag - 97%) и естественного индия (^{115}In - 96%).

3. Экспериментальные результаты

При облучении мишени из ^{115}In ионами ^{12}C ($E_c = 82$ Мэв) и мишени из ^{109}Ag ионами ^{18}O ($E_c = 70$ Мэв) найдено две быстро распадающихся линии ($T_{1/2} = 1,5-2,0$ сек) с $E_\gamma = 63$ кэв и $E_\gamma = 95$ кэв. (рис. 1). Аннигиляционная линия (511 кэв), которая наблюдается в γ -спектре, не имеет компоненты с $T_{1/2} \approx 1,5$ сек.

Для идентификации массового числа ядра, в котором наблюдаются изомерные переходы, исследовалась (по линии 95 кэв) функция возбуждения (рис. 2). По положению ее максимума для реакции $^{109}\text{Ag}(^{18}\text{O}, xn)^{127-x}\text{Cs}$

получаются следующие значения для $\frac{\epsilon_x}{x} = \frac{E_{\text{exct.}} - \sum_{l=1}^x B_{ln}}{x}$ (см. /5/):

$$x = 3 : \quad \frac{\epsilon_3}{3} = 10,3 \pm 1,3 \text{ Мэв,}$$

$$x = 4 : \quad \frac{\epsilon_4}{4} = 5,5 \pm 1,0 \text{ Мэв,}$$

$$x = 5 : \quad \frac{\epsilon_5}{5} = 2,2 \pm 0,8 \text{ Мэв.}$$

Отсюда следует, что имеет место реакция $^{109}\text{Ag}(^{18}\text{O}, 4n)^{123}\text{Cs}$. Дальнейшим подтверждением этого результата является:

1) Исследование реакции $^{115}\text{In}(^{12}\text{C}, xn)^{127-x}\text{Cs}$. Ход функции возбуждения (рис. 3), изученный по линии 95 кэв, совпадает с ходом функции возбуждения для линии 98 кэв, которая связана с β^+ -распадом основного состояния ядра ^{133}Cs /6/.

2) Исследование перекрестных реакций. Изучение реакций $\text{Cd}(^{12}\text{C}, xn)\text{Xe}$, $\text{Cd}(^{10}\text{B}, xn)\text{I}$, в которых не наблюдались линии с энергиями 63 и 95 кэв ($T_{1/2} = 1,6$ сек), подтверждает, что наблюдаемые изомерные состояния не могут возбуждаться в реакциях (II, ρxn) и (III, αxn), приводящих к образованию изотопов $^{121-123}\text{Xe}$ и $^{118-120}\text{I}$.

Это означает, что обнаруженное изомерное состояние, по всей вероятности, принадлежит ядру ^{123}Cs .

Распад изомерного состояния в ядре ^{123}Cs был также исследован при помощи β -спектрометра. В спектре электронов внутренней конвер-

сии (рис. 4), измеренном в диапазоне от 36 до 154 кэв, найдены линии 57,2 \pm 0,4 и 59,5 \pm 0,5 кэв; 90,5 \pm 0,5 кэв; 94,8 \pm 0,6 кэв, которые интерпретируются как L 63 ; K 95,5 ; L 95,5 ; M 95,5 соответственно. Период полураспада, измеренный по линиям L 63 ; K 95,5 ; L 95,5, равен 1,60 \pm 0,15 сек; 1,55 \pm 0,15 сек; 1,55 \pm 0,15 сек соответственно. Это является доказательством того, что оба γ -перехода (63 и 95 кэв) связаны с одним и тем же изомерным состоянием. Кривые распада приведены на рис. 5.

Из γ -спектра, а также из спектра электронов внутренней конверсии определены отношения интенсивностей:

$$I_\gamma(95) / I_\gamma(63) = 2,9 \pm 1,0; \quad I_{eL}(L63) / I_{eL}(K95) = 1,6 \pm 0,5.$$

Для линии 95,5 кэв определено отношение $a_K / a_L = 2,5 \pm 1,0$. Сравнение экспериментального отношения a_K / a_L с расчётными величинами (табл. 1) приводит к выводу, что переход с энергией 95,5 кэв может иметь мультипольность M1 + E2 ; E2 ; M3. Другие возможности мы исключили, исходя из величины отношения a_K / a_L , либо из значений времен жизни (табл. 1).

Таблица 1

Теоретические значения отношений a_K / a_L для линии 95 кэв и коэффициентов внутренней конверсии a_L для линии 63 кэв взяты из /7/. Однопротонные времена жизни $T_{1/2}(s.p.)$, по оценкам Вайскопфа, взяты из /8/

E_γ		E1	E2	E3	E4	M1	M2	M3	M4
95,5 кэв	a_K/a_L	7,4	2,2	0,5	0,1	7,5	4,8	2,1	0,9
	$T_{1/2}(s.p.)$	$2,4 \cdot 10^{-7}$	$6,10 \cdot 10^{-7}$	0,7	$7 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-11}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	17	$2,3 \cdot 10^7$
63 кэв	a_L	0,09	4,2	181	5000	0,39	10,1	266	6500
	$T_{1/2}(s.p.)$	$5,5 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	1,4	$1,5 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^{-11}$	$2,4 \cdot 10^{-6}$	46	$8,8 \cdot 10^7$

На основании отношения интенсивностей γ -лучей и электронов конверсии были сделаны оценки коэффициента внутренней конверсии a_L для перехода с энергией 63 кэв (см. табл. 2). Теоретические величины коэффициентов приведены в табл. 1.

Таблица 2

Мультипольность перехода 95 кэВ	$\alpha_L(63)$	Мультипольность перехода 63 кэВ	$I_{KX}/I_\gamma(95)$
M1+E2 или E2	2-10	E1+M2, M2	3,4 -13,3
		M1+E2, E2	2,0 -2,9
M3	100-420	E3	55
		M3	130

Для ограничения возможного набора мультипольностей изучаемых переходов было измерено рентгеновское K-излучение (рис. 6) и определено отношение интенсивности K X-лучей к линии 95 кэВ ($I_{KX}/I_\gamma(95) = 2,5$). Сравнение полученного результата с расчётными величинами $I_{KX}/I_\gamma(95)$ (табл. 2) приводит к выводу, что переходы 63 и 95 кэВ имеют мультипольность M1 + E2 (или E2). Максимальная примесь излучения M1 может достигнуть $\approx 60\%$. Небольшая энергия переходов и в связи с этим невозможность наблюдения (при помощи нашей аппаратуры) линии K63 затрудняет более точное определение мультипольности переходов.

Заметим, что в спектрах, которые мы исследовали в диапазоне от 40 кэВ до 2 МэВ, не наблюдалось других линий, кроме 63 и 95 кэВ.

4. Обсуждение результатов

Расчёты Д.Арсеньева, А.Собичевского и В.Соловьёва^{/1/} предсказывают спин $I^\pi = 5/2^+$ для основного состояния ядра ^{128}Cs и $I^\pi = 11/2^-$ для первого возбужденного состояния ($E_{\text{exc}} = 50$ кэВ); оба эти состояния имеют отрицательную деформацию $\epsilon_0 \approx -0,25$. Следовательно, согласно теории ожидается изомерный переход типа E3 ($11/2^- \rightarrow 5/2^+$). Экспериментальные данные говорят о существовании в ядре ^{128}Cs изомерного состояния с $T_{1/2} = 1,6$ сек и двух γ -переходов типа M1+E2 (или E2). Даже если бы наблюдаемые нами γ -переходы имели мультипольность

E2, то, по оценкам Вайскопфа (см. табл. 1), время жизни должно было бы быть порядка 10^{-6} сек. Это может означать, что существует не наблюдаемый нами γ -переход, который определяет время жизни. Его энергия должна быть < 40 кэВ. Экспериментальное значение периода полураспада находится в согласии с переходом типа E3.

Другой возможностью является существование запрета порядка 10^6 х. Возможно, что он связан с изменением формы ядра.

Однозначное решение вопроса о природе обнаруженного изомерного состояния требует дополнительных экспериментов.

В заключение авторы выражают благодарность академику Г.Н.Флерову за постоянный интерес к работе, проф. В.Г.Соловьёву, Д.А.Арсеньеву, А.Собичевскому, Л.А.Малову за обсуждение результатов, группе эксплуатации циклотрона за обеспечение хорошей работы ускорителя У-300 и У.Хагеманну за измерение спектра с помощью NaI (Тl) - детектора.

Л и т е р а т у р а

1. D.A.Arseniev, A.Sobiczewski, V.G.Soloviev. Nucl. Phys., A126, 15 (1969).
2. K.F.Alexander, W.Neubert, H.Rotter, S.Chojnacki, Ch.Droste, T.Morrek. Preprint, E6-4278, Dubna, 1969.
3. J.M.D'Auria, H.Bakhru. Phys.Rev., 172, 1176 (1968).
4. Z.Wilhelmi et al. Preprint E8-4593, Dubna, 1969.
5. G.N.Simonoff, J.M.Alexander. Phys.Rev., 133, B93 (1964); В.Нойберт, К.Александр. Препринт ОИЯИ, P7-3657, Дубна, 1968.
6. I.L.Preiss, H.Bakhru, J.M.D'Auria, A.C.Li. Arkiv för Fysik, 36, 241 (1966).
7. R.S.Hager, E.C.Seltzer. Nuclear Data, A4, I (1968).
8. Л.А.Слив. Гамма-лучи. Из. АН СССР, 1961.

Рукопись поступила в издательский отдел

7 июля 1969 года.

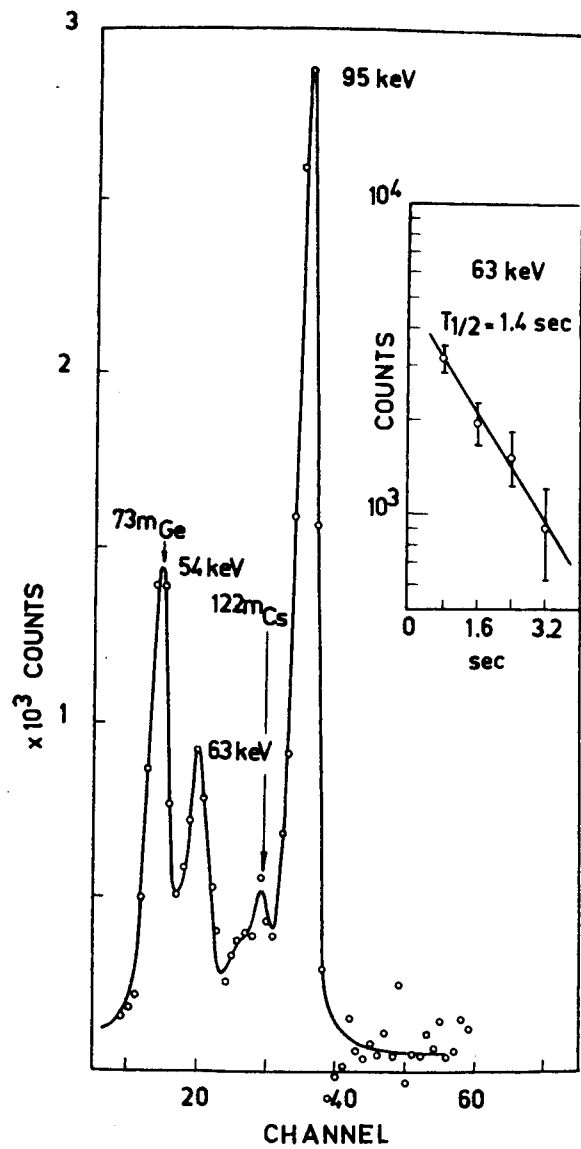


Рис. 1. Гамма-спектр распада изомерного состояния в ядре ^{123}Cs .
 На рисунке представлена короткоживущая (секундная) компонента спектра. Изомер получен в реакции $^{115}\text{In}(^{12}\text{C}, 4n)^{123\text{m}}\text{Cs}$.

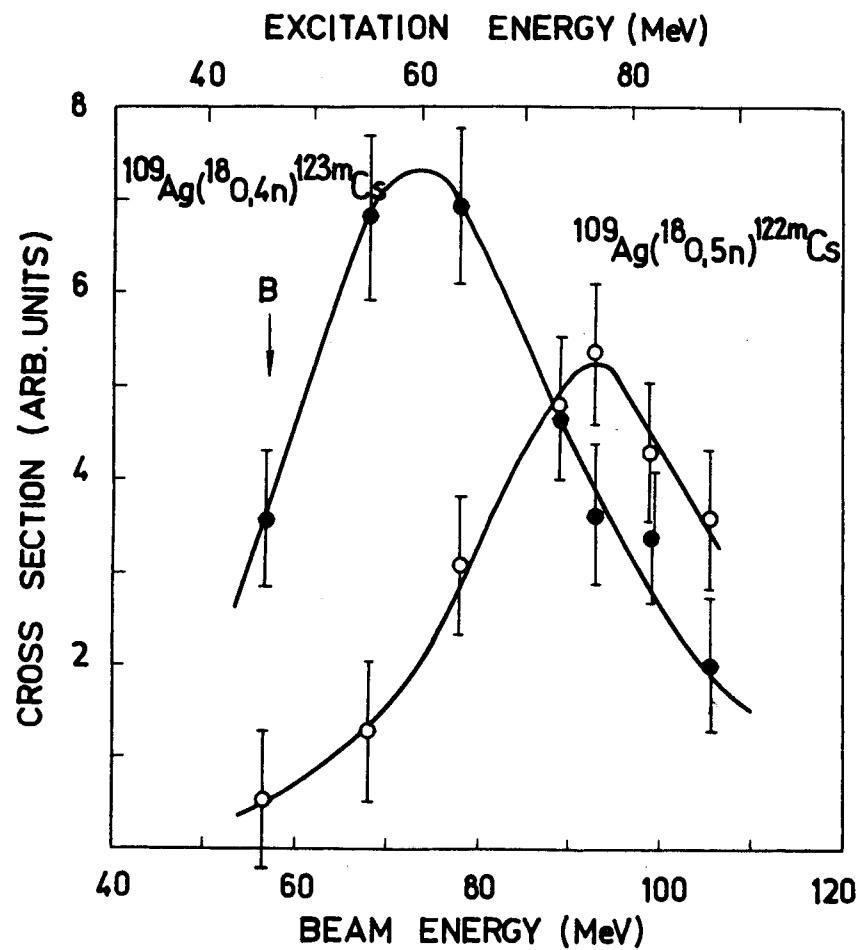


Рис. 2. Функции возбуждения для реакций $^{109}\text{Ag}(^{18}\text{O}, xn)^{127-x}\text{Cs}$,
 измеренные по линиям 95 кэв ($^{123\text{m}}\text{Cs}$) и 82 кэв ($^{122\text{m}}\text{Cs}$).

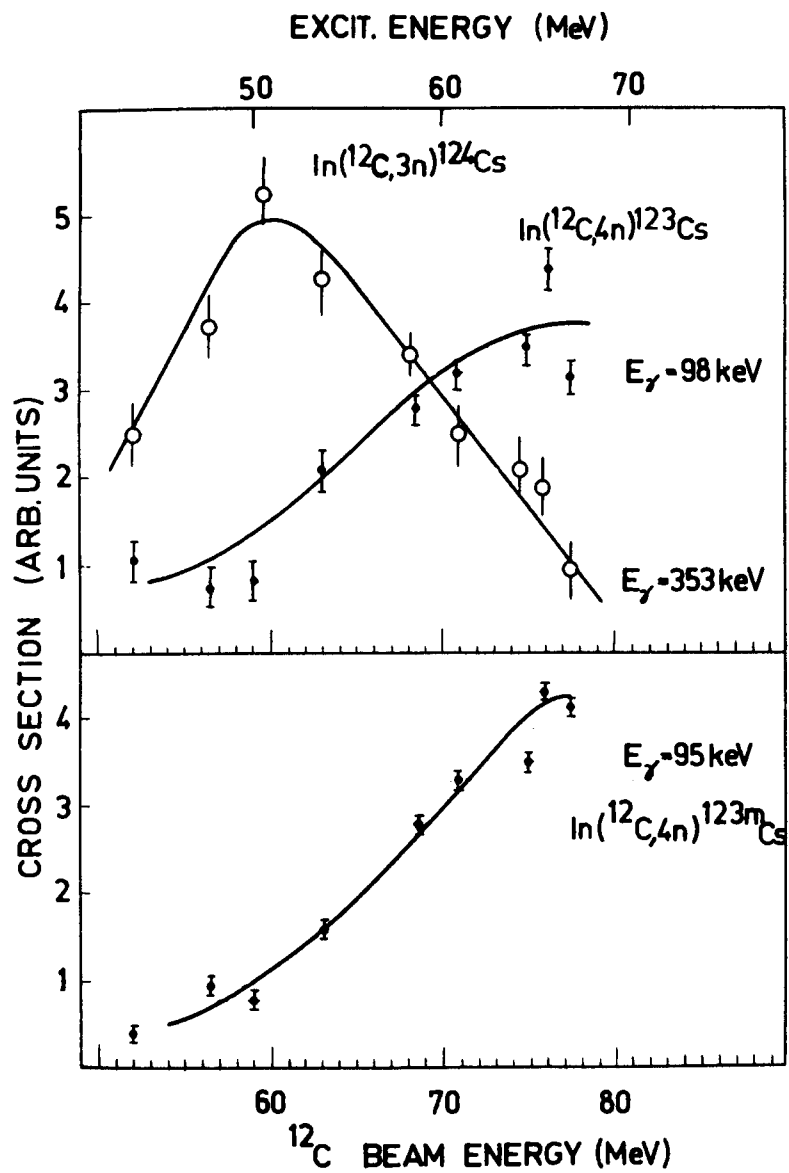


Рис. 3. Функция возбуждения для реакции $^{115}\text{In}(^{12}\text{C}, xn)^{127-x}\text{Cs}$, измеренные по линиям 352 кэВ (^{124}Cs), 95 кэВ (^{123m}Cs) и 98 кэВ (^{123}Cs). Линия 98 кэВ связана с β^+ -распадом основного состояния ядра ^{123}Cs /6/.

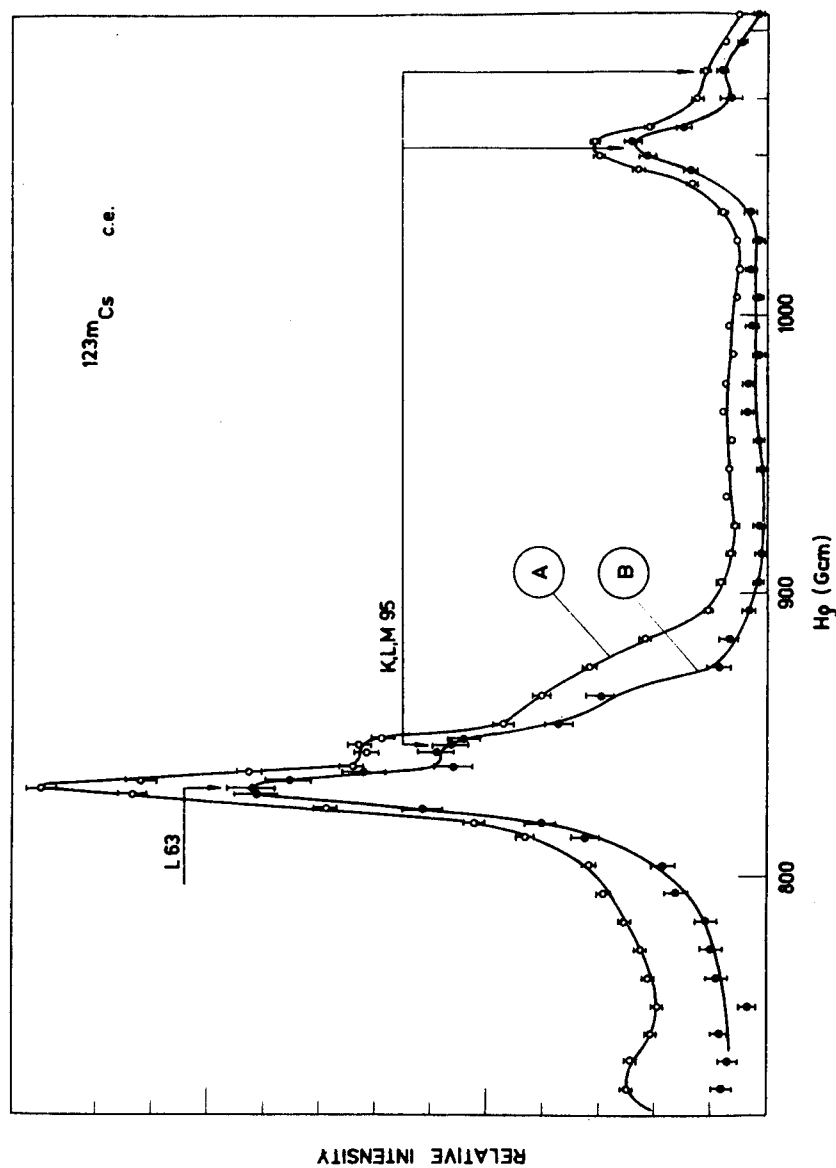


Рис. 4. Часть спектра электронов внутренней конверсии при распаде изомерного состояния ядра ^{123}Cs . Изомер получен по реакции $^{115}\text{In}(^{12}\text{C},4n)^{123m}\text{Cs}$. Черные точки - быстрая (секундная) компонента спектра. Светлые точки - спектр без временного анализа.

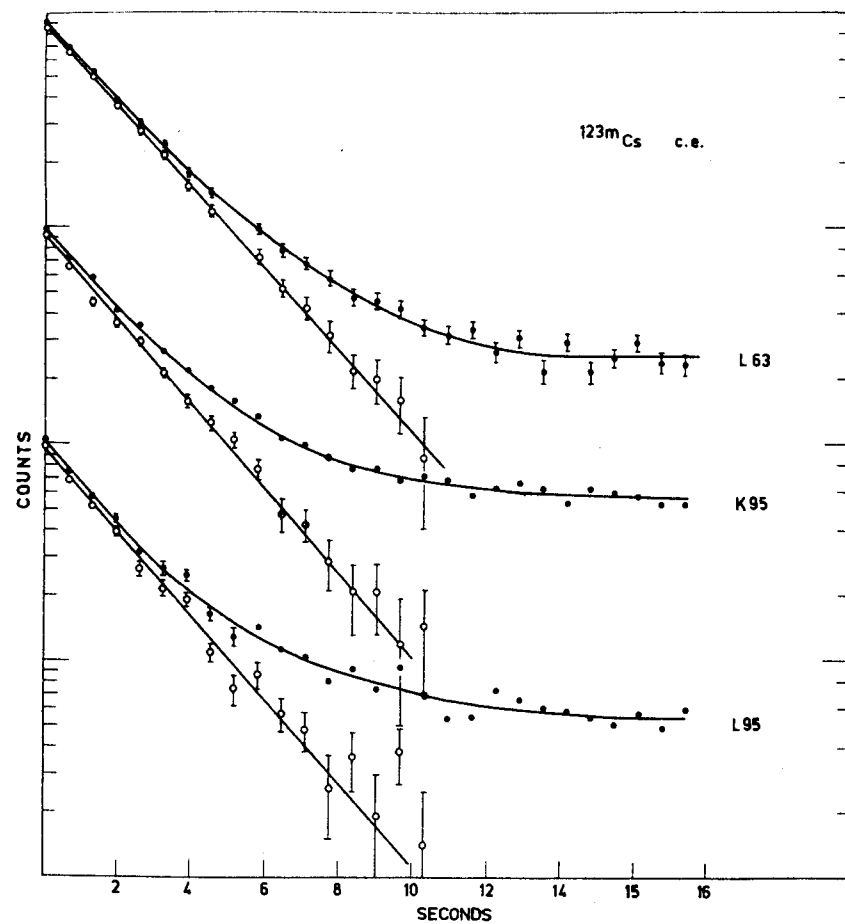


Рис. 5. Кривые распада, измеренные по линиям L63 , K95 , L95 .
Реакция - $^{115}\text{In}(^{12}\text{C}, 4n)^{123\text{m}}\text{Cs}$.

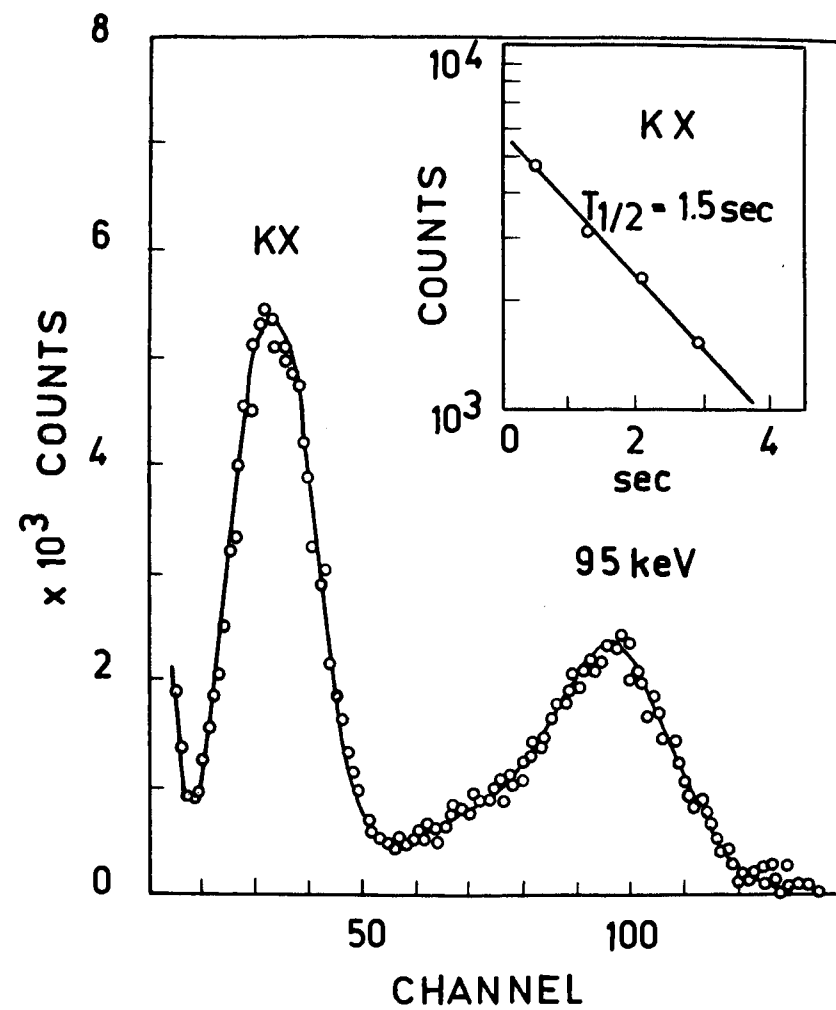


Рис. 6. Низкоэнергетическая часть γ -спектра, исследованная при помощи NaI(Tl)-детектора. Реакция - $^{115}\text{In}(^{12}\text{C}, 4n)^{123\text{m}}\text{Cs}$.