

С 341.1Г
Н-789

~~ИЗДАТ~~

Р6 - 4591

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ЯДЕР ЦЕЗИЯ
II часть. ИЗОМЕР $^{122m}_{55}\text{Cs}$ ($T = 0,35 \text{ СЕК}$)
 $\frac{1}{2}$

P6 - 4591

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ЯДЕР ЦЕЗИЯ
II часть. ИЗОМЕР $^{122m}_1\text{Cs}$ ($T = 0,35 \text{ СЕК}$)
 $\frac{1}{2}$

Объединенный институт
ядерных исследований
БРЕЖНЕВА

8046/1 нр

1. В в е д е н и е

В работе /1/ опубликованы результаты исследований нового изомерного состояния цезия. На основе измеренных функций возбуждения этого изомера и перекрестных реакций авторы заключили, что изомер с большей вероятностью относится к неизвестному ранее изотопу ^{122}Cs . Спектроскопические данные, полученные с помощью сцинтилляционного и кремниевых детекторов, указывали на то, что с изомерного состояния наблюдается M2-переход. Однако не представлялось возможным сделать заключение о природе этого изомера. Значительные усовершенствования экспериментальной техники, т.е. применение Ge(Li) -детектора и безжелезного тороидального β -спектрометра на пучке тяжелых ионов циклотрона У-300 дали возможность подробнее исследовать этот изомер. Изучение именно этого ядра крайне интересно, потому что по расчетам Арсеньева, Собичевского и Соловьева /2/ оно должно характеризоваться отрицательной деформацией.

2. Экспериментальные результаты исследований

изомера $^{122m1}\text{Cs}$ ($T_{1/2} = 0,35$ сек)

Типичный γ -спектр, полученный при облучении мишени ^{113}In (степень обогащения 66%) ускоренными ионами ^{12}C с энергией 68 Мэв, а также мишени ^{109}Ag (степень обогащения 97%) ионами ^{18}O с энергией 94 Мэв, показан на рис. 1. В отличие от старого сцинтилляционно-

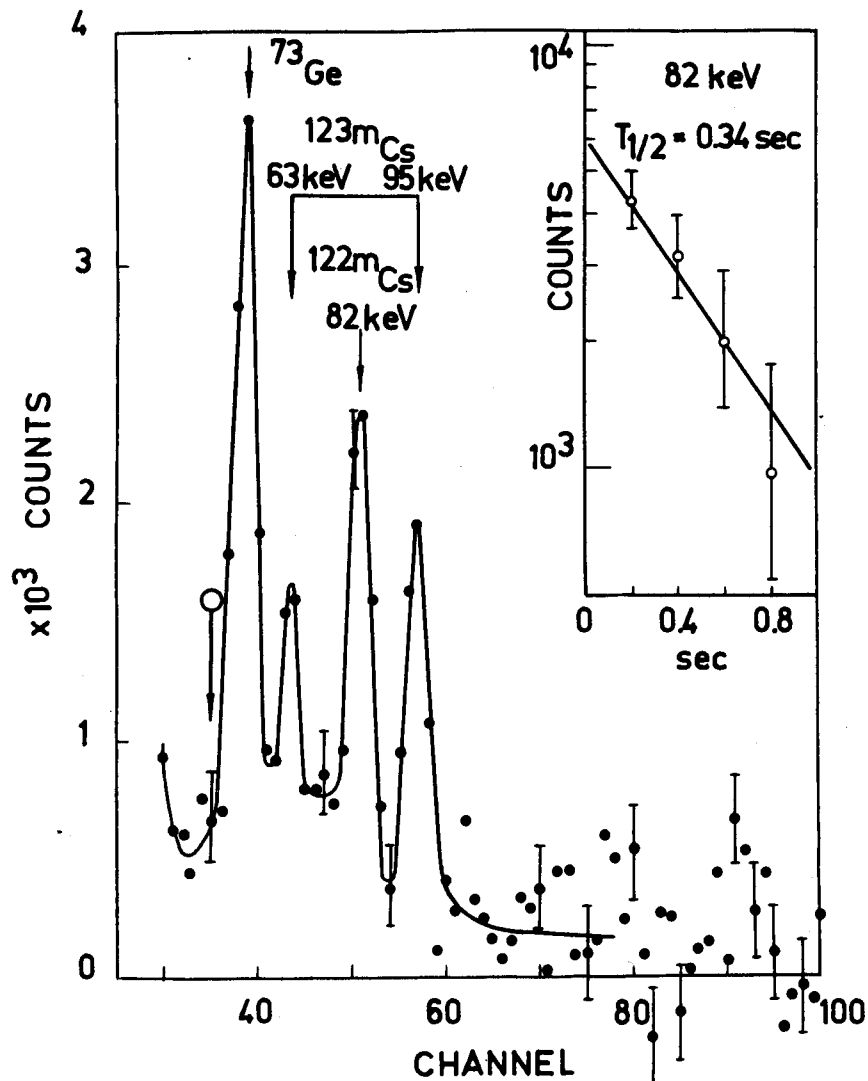


Рис.1. Гамма-спектр $^{122m_1}\text{Cs}$, полученный в реакции $^{113}\text{In}(^{12}\text{C}, 3n)^{122}\text{Cs}$. Толщина мишени $^{113}\text{In} \approx 8 \text{ мг}\cdot\text{см}^{-2}$, степень обогащения -66%. Спектр измерен Ge(Li)-детектором с объемом $4,5 \text{ см}^3$. Время облучения: 0,52 сек, задержка от конца облучения до начала измерения: 24,7 мсек, измерение спектров проводилось в 8 плоскостях по 0,2 сек каждая. Показанный спектр представляет разницу (1,+2.) - (7,+8.) плоскостей. Знак ? указывает на место нахождения искомой линии $E_\gamma = 47 \text{ кэВ}$.

го спектра в нем наблюдаются вместо широкого распределения при энергии $98 \pm 5 \text{ кэВ}$ три гамма-линии с энергиями 63, 82 и 95 кэВ, соответственно. (Мы не считаем линию с энергией $E_\gamma = 54 \text{ кэВ}$ и $T_{1/2} = 0,5 \text{ сек}$, которая возникает в Ge(Li)-детекторе вследствие реакции $^{73}\text{Ge}(n, n')^{73}\text{Ge}$). Идентификация этих трех линий проводилась по периодам полураспада и функциям возбуждения. Линии с энергиями $E_\gamma = 63 \text{ кэВ}$ и $E_\gamma = 95 \text{ кэВ}$ распадаются с периодом полураспада $T_{1/2} = 1,55 \pm 0,15 \text{ сек}$. Их функция возбуждения в случае реакции $^{109}\text{Ag}(^{18}\text{O}, xn)^{127-x}\text{Cs}$ резко отличается от функции возбуждения линии с энергией $E_\gamma = 82 \text{ кэВ}$ (рис. 2). Измеренный по линии $E_\gamma = 82 \text{ кэВ}$ период полураспада составляет $T_{1/2} = (0,34 \pm 0,08) \text{ сек}$. Это значение отличается от периода полураспада $T_{1/2} = (0,50 \pm 0,05) \text{ сек}$, данного в работе /1/. Отклонение обусловлено тем, что при облучении мишени ^{113}In всегда образуется на примесях ^{115}In (в реакции $^{115}\text{In}(^{12}\text{C}, 4n)^{123}\text{Cs}$) 1,6-секундный изомер ^{123m}Cs , который дает вклад в γ -спектр. Ввиду этих обстоятельств мы вновь определили с помощью чистой мишени ^{109}Ag (степень обогащения 97%) в реакции $^{109}\text{Ag}(^{18}\text{O}, xn)^{121-x}\text{Cs}$ массовое число изомера с $T_{1/2} = 0,34 \text{ сек}$ (рис.2). Положение максимума функции возбуждения этого изомера совпадает с максимумом функции возбуждения основного состояния ^{122}Cs . По положению максимума получаются следующие характерные соотношения Александра и Симонова /3,4/

$$x=4: \quad \frac{\epsilon_4}{4} = 9,9 \pm 0,7 \text{ МэВ}$$

$$x=5: \quad \frac{\epsilon_5}{5} = 5,7 \pm 0,6 \text{ МэВ}$$

$$x=6: \quad \frac{\epsilon_6}{6} = 3,2 \pm 0,5 \text{ МэВ}$$

По этим данным γ -линию $E_\gamma = 82 \text{ кэВ}$ мы можем приписать изотопу ^{122}Cs . Этот результат находится в согласии с относительным ходом функции возбуждения изомера ^{123m}Cs и подтверждает вывод, что мы имеем дело с изомером ^{122m}Cs .

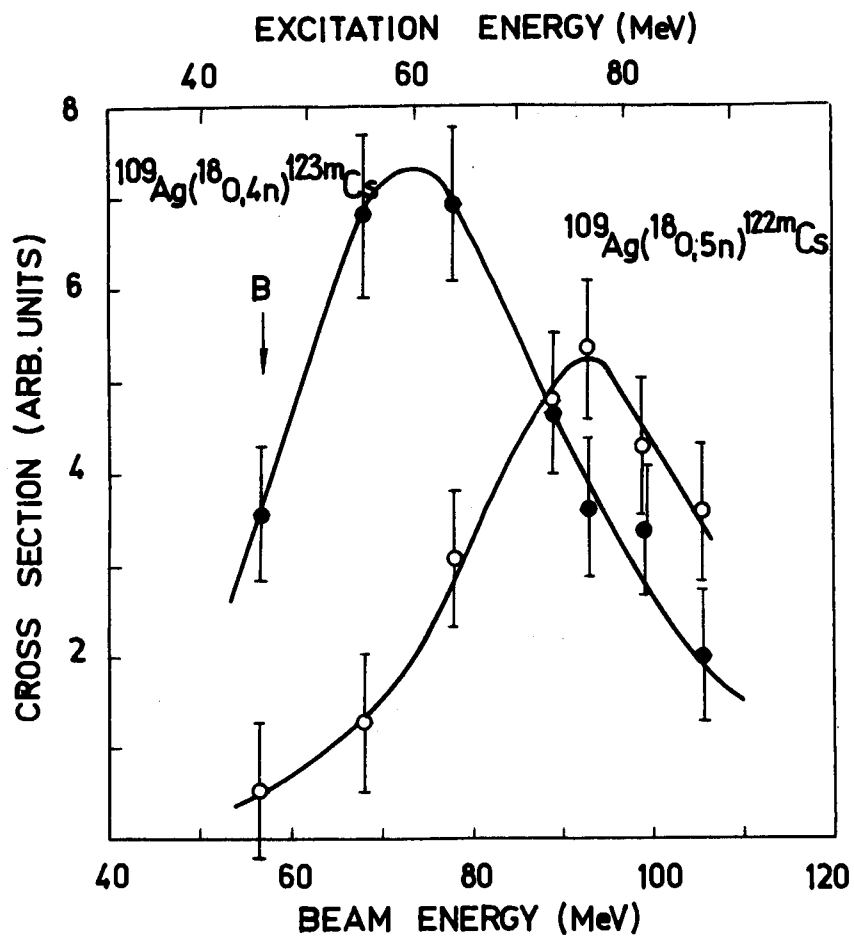


Рис.2. Функция возбуждения изомера $^{122m1}\text{Cs}$ в реакции $^{109}\text{Ag}(^{18}\text{O},4n)^{122m1}\text{Cs}$. Толщина мишени Ag $4 \text{ мг}\cdot\text{см}^{-2}$ (на подложке из Al толщиной $2,7 \text{ мг}\cdot\text{см}^{-2}$). Al является сборником ядер отдачи. Степень обогащения изотопа ^{109}Ag 97%.

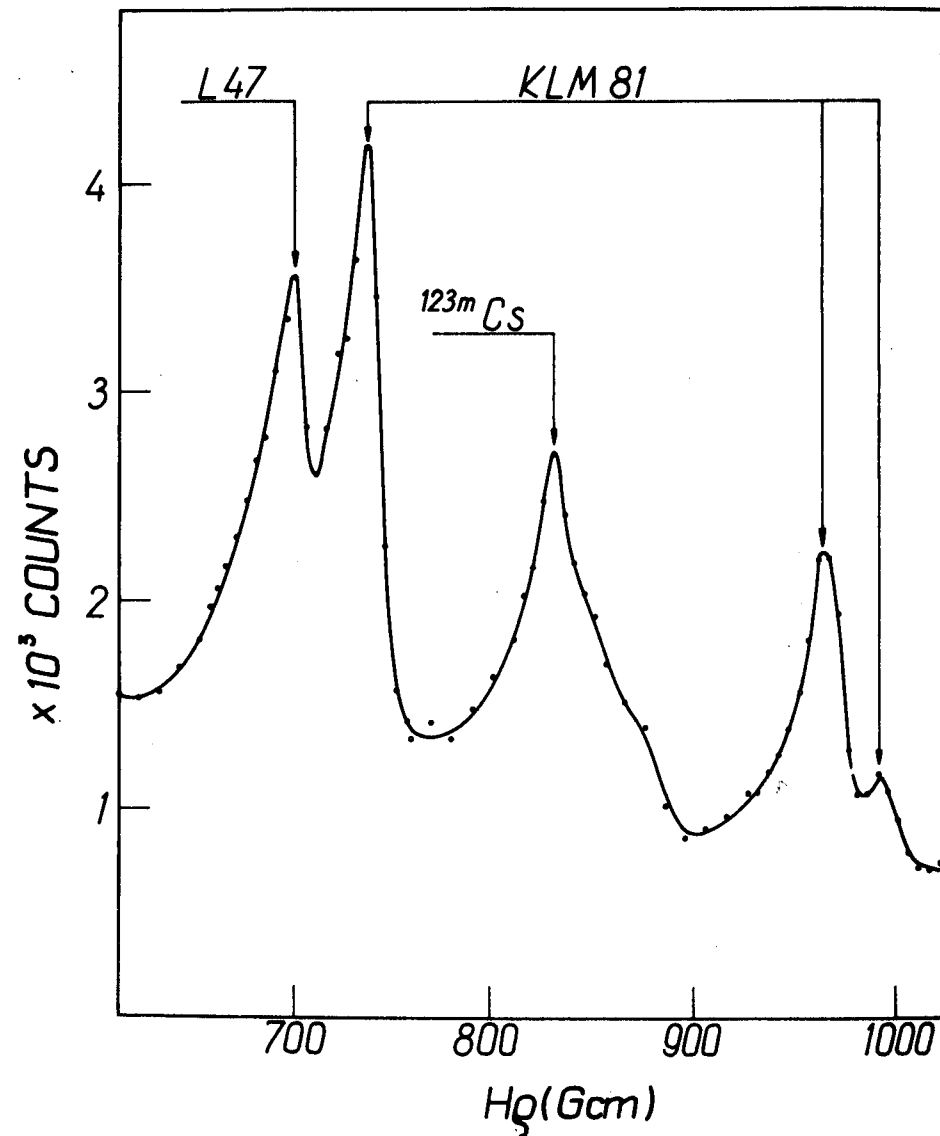


Рис.3. Спектр конверсионных электронов $^{122m1}\text{Cs}$, измеренный на торoidalном β -спектрометре на пучке в реакции $^{113}\text{In}(^{12}\text{C},3n)^{122m1}\text{Cs}$. Толщина мишени ^{113}In $\approx 2,0 \text{ мг}\cdot\text{см}^{-2}$; степень обогащения - 86%.

Спектр конверсионных электронов изомера $^{122m}_1\text{Cs}$ был исследован в диапазоне энергии от 32 до 153 кэв. На рис. 3 показан участок измеренного спектра, полученного в реакции $^{113}\text{In}(\alpha, n)^{122m}_1\text{Cs}$. Кроме линий, принадлежащих изомеру $^{122m}_1\text{Cs}$, наблюдаются K-, L- и M-линии γ -перехода 81,5 кэв, а также линия $E = 41,3$ кэв. Сравнение экспериментального отношения $K/L = 1,6 \pm 0,5$ для перехода 81,5 кэв с теоретическими значениями (таблица 1) приводит к выводу, что мультипольность этого перехода либо E2, либо M2+E3 (примесь E3 порядка 10%).

Таблица 1

Теоретические отношения K/L и периоды полураспада по Вайскопфу для разных мультипольностей перехода 81,5 кэв. Коэффициенты внутренней конверсии взяты из работы /5/

Мультипольность	E1	E2	E3	E4	M1	M2	M3	M4
a_K/a_L	7,2	1,7	0,28	0,06	7,4	4,4	1,66	0,6
$T_{1/2}(\text{с.р.})(\text{сек})$	$4 \cdot 10^{-13}$	$8 \cdot 10^{-7}$	$9 \cdot 10^{-1}$	$8 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-5}$	23	$4 \cdot 10^4$

Мультипольность M3 не имеет места, потому что теоретическое значение периода полураспада для одночастичного M3-перехода в 60 раз превышает экспериментальную величину. Для этих вариантов мультипольностей мы определили точно центр тяжести L-линий. Измеренное таким образом расстояние K- и L-линии $\Delta E_{KL} = (30,6 \pm 1,0)$ кэв хорошо совпадает с ожидаемой величиной для атома цезия $\Delta E_{KL}(\text{theor}) = 30,6$ кэв. Для атомов Xe и I соответствующие величины составляют $\Delta E_{KL}(\text{Xe}) = 29,5$ кэв и $\Delta E_{KL}(\text{I}) = 28,3$ кэв. Конверсионная линия с энергией $E_{CE} = 41,3$ кэв не имеет соответствующей линии в γ -спектре. Чтобы доказать, что она относится к изомеру $^{122m}_1\text{Cs}$, мы измерили и сравнили для линий $E_{CE} = 41,3$ кэв и $E_{CE} = 45,5$ кэв (K81,5 кэв) периоды полураспада и функции возбуждения. В рамках экспериментальных погрешностей периоды полураспада обеих линий хорошо совпадают и дают среднее значение

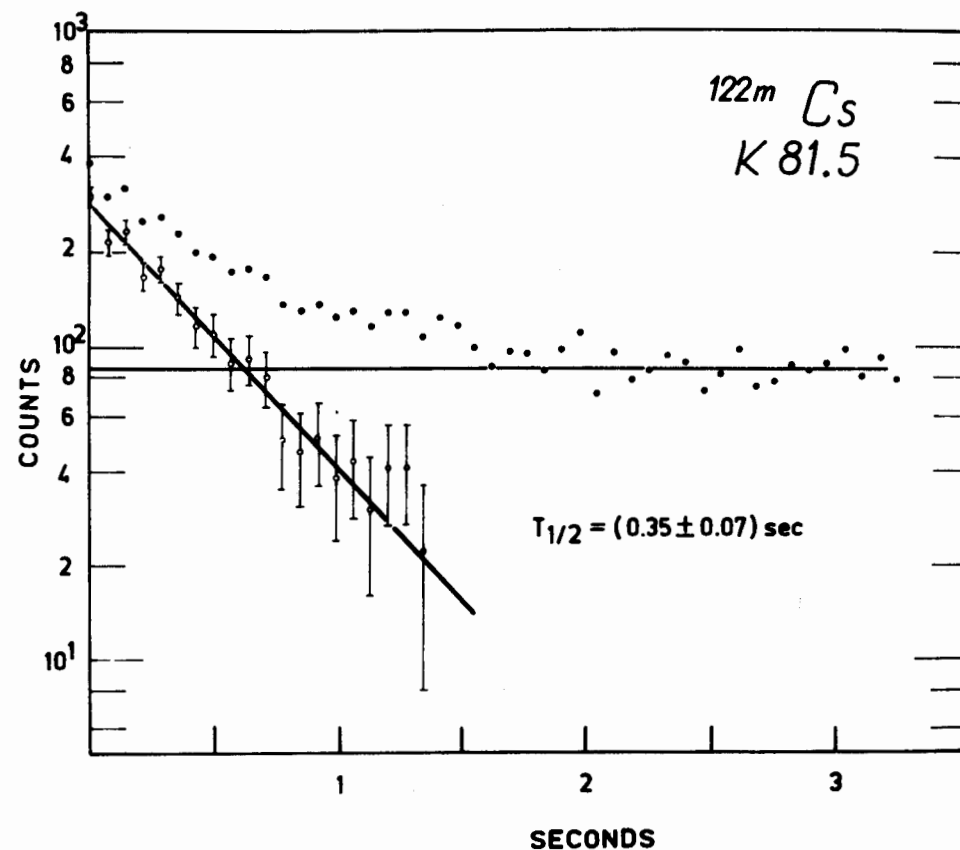


Рис.4. Кривая распада, измеренная по линии K81,5 кэв.

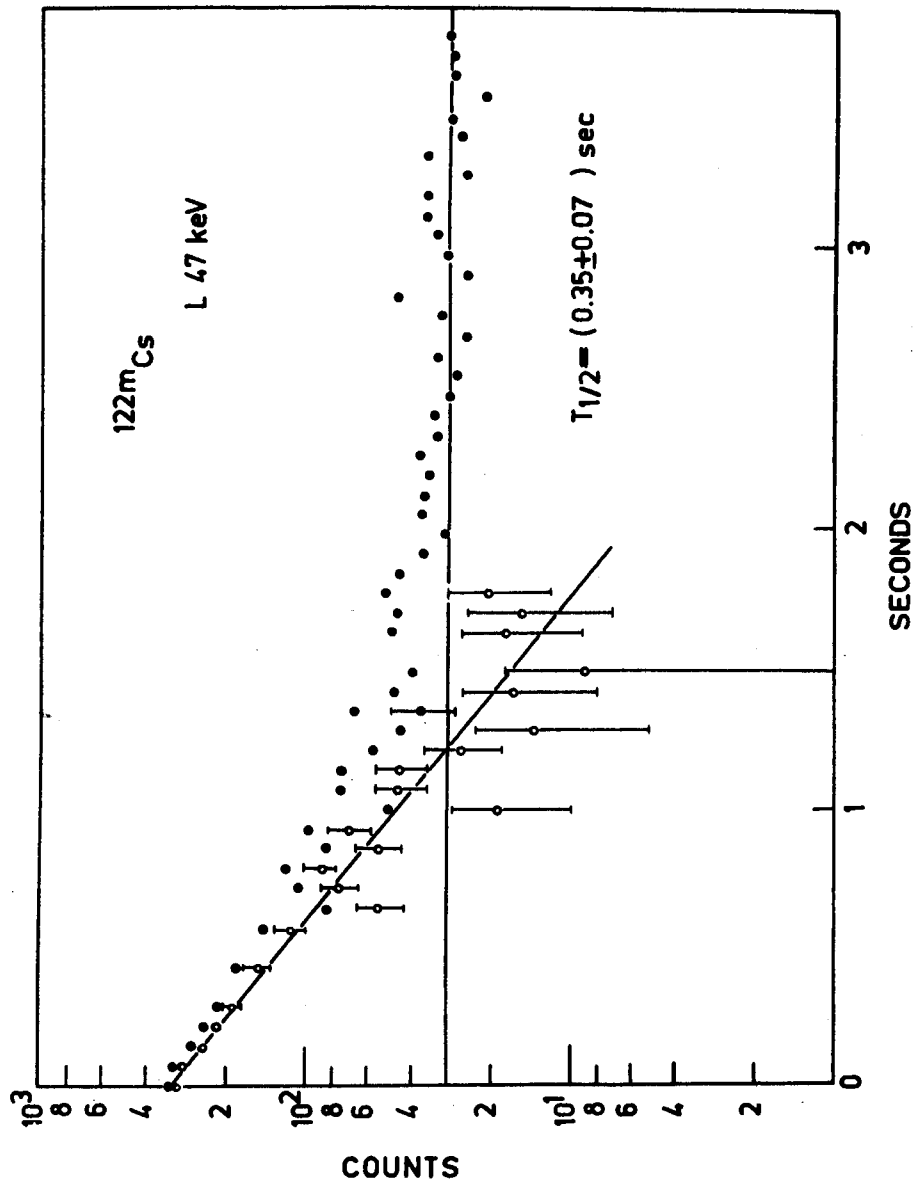


Рис.5. Кривая распада, измеренная по линии L 47 кэв.

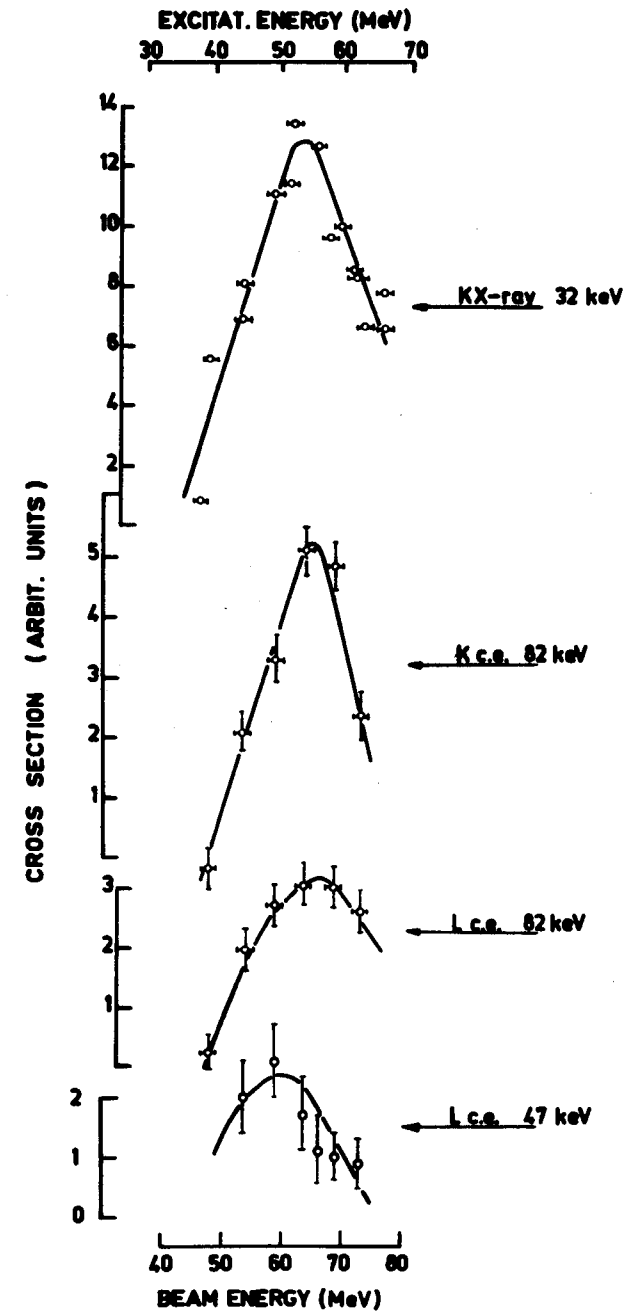


Рис.6. Функции возбуждения рентгеновского пика, линий K81,5 кэв, ^{122m}Cs , L 81,5 кэв и L 47 кэв, соответственно в реакции $^{118}\text{In}(^{12}\text{C},3n)^{122m}\text{Cs}$.

$T_{1/2} = 0,35 \pm 0,07$ сек (см. рис. 4 и 5). Такой же результат получается при сравнении функций возбуждения линии электронов внутренней конверсии (рис. 6). (Отклонение функции возбуждения линии $E_{CE} = 41,3$ кэв обусловлено трудностями измерения низкоэнергетических электронов). По этим данным мы заключаем, что линия $E_{CE} = 41,3$ кэв возникает при разряде изомера ^{122m}Cs . Тот факт, что не наблюдаются соответствующие "L" и "M" -линии, приводит к выводу, что эта линия представляет L -линию γ -перехода с энергией $E_{\gamma} = 47$ кэв. То, что в γ -спектре не наблюдается соответствующей γ -линии, затрудняет определение мультипольности этого перехода. Из гамма-спектра мы можем оценить верхнюю границу отношения $I_{\gamma}(47 \text{ кэв}) / I_{\gamma}(82 \text{ кэв}) < 0,35$. С помощью этой величины можно определить нижнюю границу коэффициента $a_L(47 \text{ кэв})$. Кроме того спектр, полученный с NaI(Т) -детектором, позволяет грубо оценить отношение интенсивностей рентгеновского пика ($I_{K\alpha}$) и линии $E_{\gamma} = 82$ кэв ($I_{\gamma}(82 \text{ кэв})$). Это отношение составляет в данном случае $I_{K\alpha} / I_{\gamma}(82 \text{ кэв}) > 16 \%$. Используя уравнение

$$I_{K\alpha} = \omega_K [a_K(47 \text{ кэв}) \cdot I_{\gamma}(47 \text{ кэв}) + a_L(82 \text{ кэв}) \cdot I_{\gamma}(82 \text{ кэв})],$$

(ω_K - выход флуоресценции), мы можем оценить нижнюю границу коэффициента $a_K(47 \text{ кэв})$. Предполагая, что в первом варианте мультипольность перехода 81,5 кэв - E2, а во втором варианте - 90% M2 + 10% E3, мы получаем следующий набор данных (таблица 2).

Таблица 2

Переход	81,5 кэв		47 кэв	
	E2	$a_K(47 \text{ кэв}) > 45; a_L(47 \text{ кэв}) > 3,7$	90% M2 + 10% E3	$a_K(47 \text{ кэв}) > 6; a_L(47 \text{ кэв}) > 25$
Мультипольность				

Сравним эти данные для перехода $E_{\gamma} = 47$ кэв с теоретическими значениями в таблице 3:

х/ В новых измерениях мы постарались уменьшить вклад от изомера ^{123}Cs в сцинтилляционном спектре.

Таблица 3
Теоретические коэффициенты внутренней конверсии
для перехода 47 кэв /5/

Мультипольность	M1	M2	M3	M4	E1	E2	E3	E4
a_K	7,09	125,4	801	3657	1,5	8,33	28,1	85
a_L	0,94	36,7	1463	49677	0,22	17,8	1075	38081

Из этого сравнения следует, что независимо от мультипольности перехода $E_{\gamma} = 81,5$ кэв мультипольности E1, M1 и, по-видимому, E2 для перехода $E_{\gamma} = 47$ кэв невозможны. Все другие варианты, т.е. переходы с изменением спина больше единицы, разрешены. По измеренному периоду полураспада можно выбирать как самые вероятные варианты E3, M2 либо E3+M2.

Авторы выражают глубокую благодарность акад. Г.Н. Флерову за интерес к работе, Е. Левитовичу и У. Хагеманну за участие при измерениях и Ю. Юнкер за помощь при обработке данных.

Л и т е р а т у р а

1. К. Александер, В. Нойберт, Х. Ротгер. Препринт ОИЯИ Р7-3185, Дубна 1967.
2. Д.А. Арсеньев, А. Собичевский, В.Г. Соловьев. Препринт ОИЯИ Р4-4054, Дубна 1968.
3. G.N.Simonoff, J.M.Alexander. Phys. Rev., 133, В93 (1964).
4. В. Нойберт, К. Александер. Препринт ОИЯИ Р7-3657, Дубна 1968.
5. R.S.Hager, E.C.Seltzer. Nuclear Data A4, 1 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел

7 июля 1969 года.