

С 341.15

Г-834

31/001 - 53

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P - 2270



Е.П. Григорьев, Кун Сян-цзин,
Г. Музиоль, Е. Херрманн

ГАММА-СПЕКТР ИЗОМЕРА $\text{Ho}^{160\text{m}}$

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1965

P - 2270

Е.П. Григорьев,^{х/} Куи Сян-цзян,
Г. Музволь, Е. Херрманн

ГАММА-СПЕКТР ИЗОМЕРА No ^{160m}

3499/1 мр.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

^{х/} Ленинградский университет.

При распаде Eg^{160} ($T_{1/2} = 28,7$ час) возбуждается изомерное состояние Ho^{160m} ($T_{1/2} = 5,1$ час) с энергией 80 кэв. Распад этого уровня происходит как путем электронного захвата, так и путем изомерного $E3 \gamma$ -перехода в основное состояние ^{/1/}. Бета-распад Ho^{160} происходит с периодом полураспада 25,8 мин ^{/2/}. Генетическая связь между уровнями Ho^{160} была установлена в работе ^{/3/}. Гамма-излучение возникает после β -распада обоих состояний Ho^{160} и вызывается переходами между уровнями четно-четного деформированного ядра Dy^{160} . Наиболее полная схема распада построена в работе ^{/1/} на основании изучения спектра электронов внутренней конверсии равновесной смеси $Eg^{160} + Ho^{160m} + Ho^{160}$. Гамма-спектр, возникающий при распаде основного состояния Ho^{160} , приведен в работе ^{/4/}, а γ -спектр $Ho^{160m} + Ho^{160}$ измерялся лишь очень грубо ^{/5-7/}, причем относительные интенсивности γ -лучей были определены только для самых сильных линий по фотоэлектронам ^{/8/}. Имеется одна работа, в которой измерялся γ -спектр $Ho^{160m} + Ho^{160}$ в 4π -геометрии ^{/9/}.

Целью настоящей работы было установить, какие γ -лучи возникают непосредственно при β -распаде изомерного уровня Ho^{160m} . Для этого использовался метод, примененный в работе ^{/3/}. При изучении γ -спектра Eg^{160} , очищенного от дочернего гольмия, можно наблюдать нарастание интенсивности γ -линий, следующих за β -распадом как Ho^{160m} , так и Ho^{160} , причем характер их нарастания различен. Эта разница в скорости нарастания использована в нашей работе. Хроматографический метод очистки эрбия позволил нам начать измерения γ -спектра через 2 минуты после выхода из колонки эрбиевой фракции.

• Источником служила эрбиевая фракция продуктов облучения тантала протонами с энергией 880 Мэв на синхротриклотроне ОИЯИ. Вторичное разделение производилось через 2 суток после облучения, когда в эрбиевой фракции оставался практически чистый Eg^{160} и дочерний изотоп Ho^{160} .

Измерения проводились на спинтилляционном γ -спектрометре с энергетическим разрешением около 10%, измеренным по γ -линии 662 кэв изотопа Cs^{137} . Размеры кристалла типа $NaI(Tl)$ 80 x 80 мм. Расстояние источник - кристалл составляло 5 см.

Наибольший интерес представляло изучение области спектра выше 1 Мэв. Поэтому мы смогли использовать фильтр (2 мм Рb и 1 мм Сu) для ослабления интенсивных мягких γ -лучей.

Гамма-спектр $\text{No}^{160m} + \text{No}^{160}$ изучался во фракции эрбия сразу же после очистки ее от дочерних изотопов. Было измерено 10 серий в течение 1,2 часа. Время измерения одного спектра составляло 5 минут. Дальнейшие измерения производились при большем расстоянии источник-детектор, так как загрузки спектрометра становились большими из-за нарастающей активности. На рисунке 1 показаны первая и десятая серии измерений. Интенсивность излучения источника возросла примерно в 10 раз, но форма спектра при энергиях свыше 1 Мэв не изменилась. Из рисунка 2 видно, что в основном возрастание интенсивности различных участков γ -спектра следует закону накопления числа ядер No^{160} в возбужденном состоянии: $N = (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$, где λ_1 - постоянная распада E_{γ}^{160} ($T_{1/2} = 28,7$ часа), λ_2 - постоянная распада No^{160m} ($T_{1/2} = 5,1$ часа).

Отсюда следует важный вывод, что основная масса жестких γ -лучей вызвана распадом изомерного уровня No^{160} . Вклад жестких γ -лучей, возникающих при β -распаде основного состояния No^{160} , не превышает 20%.

По-другому происходит нарастание интенсивности γ -лучей с энергией до 1 Мэв. В работе /3/ показано, что при β -распаде основного состояния No^{160} интенсивно возбуждается уровень Dy^{160} с энергией 1894 кэв. Сильные γ -лучи, идущие с этого уровня, имеют энергии 538; 647; 728 кэв, а в каскаде с ними идут γ -переходы 880 и 966 кэв. Из рисунка 3 видно, что возрастание интенсивности этих γ -лучей происходит по кривой, близкой к расчетной для накопления числа ядер No^{160} в основном состоянии, которая определяется следующей формулой:

$$N = \left\{ \frac{1}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_1 - \lambda_3)} e^{-\lambda_1 t} + \frac{1}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_2 - \lambda_3)} e^{-\lambda_2 t} + \frac{1}{(\lambda_3 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_2)} e^{-\lambda_3 t} \right\},$$

где λ_3 - постоянная распада No^{160} ($T_{1/2} = 25,8$ минут). Отступление от расчетной кривой точек, относящихся к переходам 880 и 966 кэв, связано с тем, что эти γ -лучи частично возникают после распада изомерного $\text{No}^{160m}/3/$. Что касается перехода 728 кэв, то здесь возникает трудность в определении фона под фотопиком ввиду сложности γ -спектра. Последнее замечание относится и к переходам 880 и 966 кэв. На рисунке 3 приведена для наглядности кривая нарастания числа ядер No^{160m} . Видно, что экспериментальные точки лежат далеко от этой кривой.

Измерение γ -спектра с источником E_{γ}^{160} в равновесии с дочерними изотопами позволило определить интенсивности γ -переходов в Dy^{160} . В таблице приведены данные этих измерений. В большинстве случаев это группы линий, которые относятся к нескольким переходам. Соответствующие интенсивности К-конверсионных линий взяты из работы /1/. Переходы в группе 880 и 966 кэв имеют мультипольность E2. Нормируя

отношение I_k/I_γ по теоретическим коэффициентам конверсии для E2 -переходов 880 и 986 кэв, мы определили a_k для других линий. Так как пики сложные, следует с осторожностью относиться к полученным выводам. Только наиболее сильные переходы в каждой группе могут иметь указанную в таблице мультипольность. Полученные данные о коэффициентах конверсии внутренне непротиворечивы. Переход 187 кэв - чистый E2, и теоретическое значение $a_k = 165 \cdot 10^{-3}$ близко к указанному в таблице. Переходы в группе 2,8 Мэв имеют в основном мультипольность E1. Это следует из рассмотрения схемы распада ^{160}Dy и из результатов работы Громова и др. 10 по определению коэффициента парной конверсии. Теоретическое значение $a_k(E1) = 0,21$ совпадает с полученным в настоящей работе.

Существенным экспериментальным фактом является вывод, что большинство жестких переходов имеет мультипольность E1. Это говорит о большом количестве высокорасположенных уровней с отрицательной четностью в ^{160}Dy .

Л и т е р а т у р а

1. Е.П. Григорьев, Б.С. Джелепов, А.В. Золотавин, Б. Крапих, Г. Биттерлих. Изв. АН СССР, сер. физ., 23, 868 (1959).
2. T.Stenstrom, B.Jung. Nucl.Phys., 64, 209 (1965).
3. Е.П. Григорьев, Г.С. Новиков, В.О. Сергеев. Изв. АН СССР, сер. физ., 26, 1523 (1982).
4. K.S.Toth, J.Inorg. Nucl.Chem., 7, 1 (1958).
5. T.Handley. Phys. Rev., 94, 945 (1954).
6. W.Nervik, G.Seaborg. Phys.Rev., 97, 1092 (1955).
7. Г.М. Городнянский, А.Н. Мурын, В.Н. Покровский, Б.К. Преображенский Изв. АН СССР, сер. физ., 21, 1624 (1957).
8. Е.П. Григорьев, Б.С. Джелепов, А.В. Золотавин. Изв. АН СССР, сер. физ., 22, 821 (1958).
9. Е.П. Григорьев, В.Б. Смирнов. Программа и тезисы докладов XV совещания по ядерной спектроскопии и структуре ядра, стр. 61, Минск, 1956. Доклад на этом же совещании.
10. К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, В.Г. Калинин, А.В. Кудрявцева, Н.А. Лебедев. Программа и тезисы докладов XIV ежегодного совещания по ядерной спектроскопии в Тбилиси, стр.53, 1964.

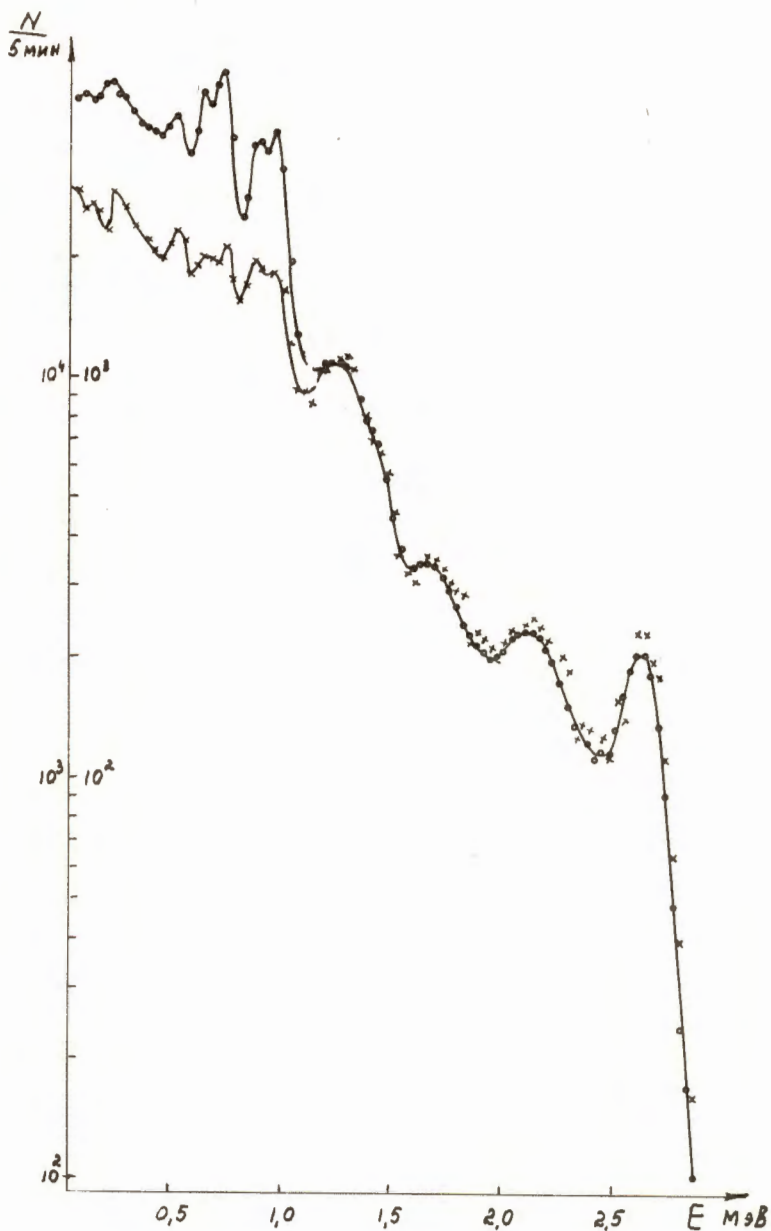
Рукопись поступила в издательский отдел
13 июля 1965 г.

Т а б л и ц а

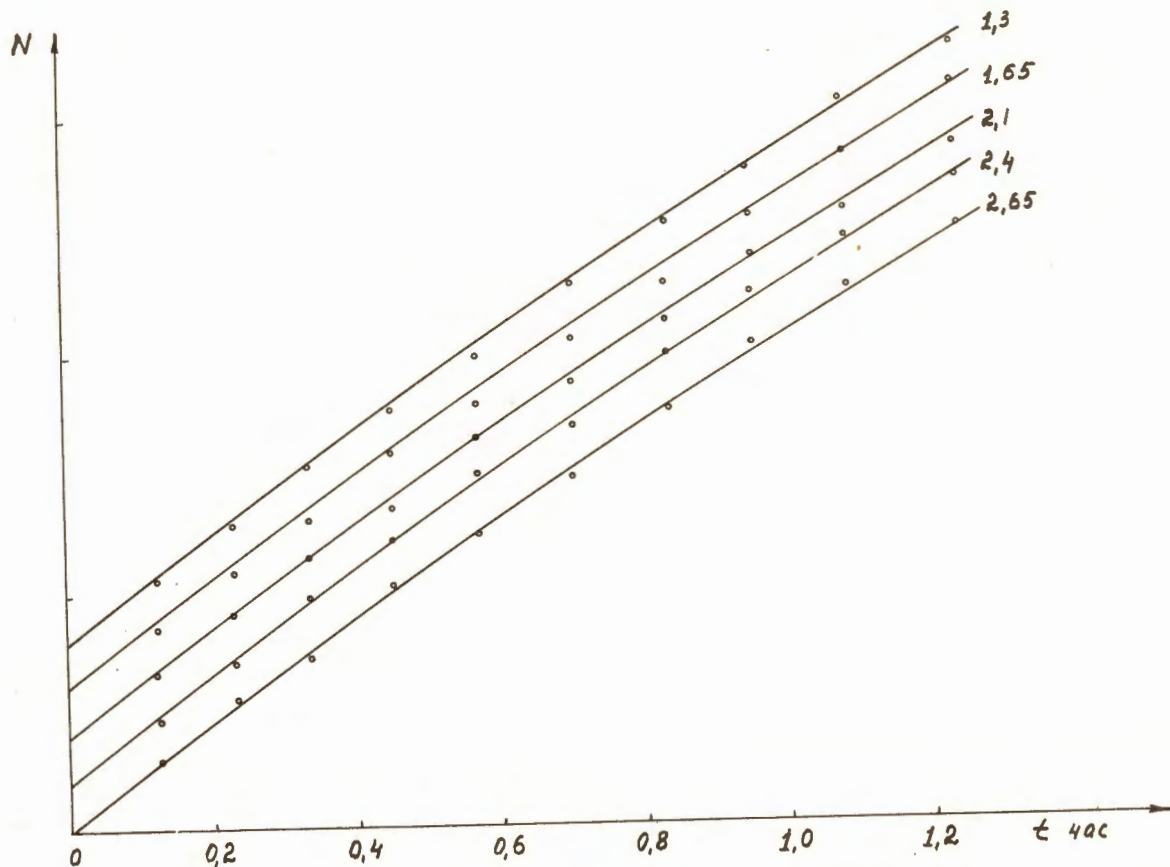
Интенсивности и коэффициенты конверсии γ -переходов в $D\gamma^{160}$

E_γ	I_γ	I_k	a_k эксп. $\times 10^3$	Вывод о мультипольности
200	32	100	210	E2
300	11	3	18	E1, E2
540	45	2,8	4,2	-
750	80	8,0	6,7	E2
880	71	3,6	3,3 ^{x)}	E2
970	100	4,3	2,9 ^{x)}	E2
1150	16	0,12	0,5	E1
1300	43	0,4	0,6	E1
1600	22	0,09	0,3	E1
2100	18	0,03	0,1	E1?
2600	17	0,05	0,2	E1

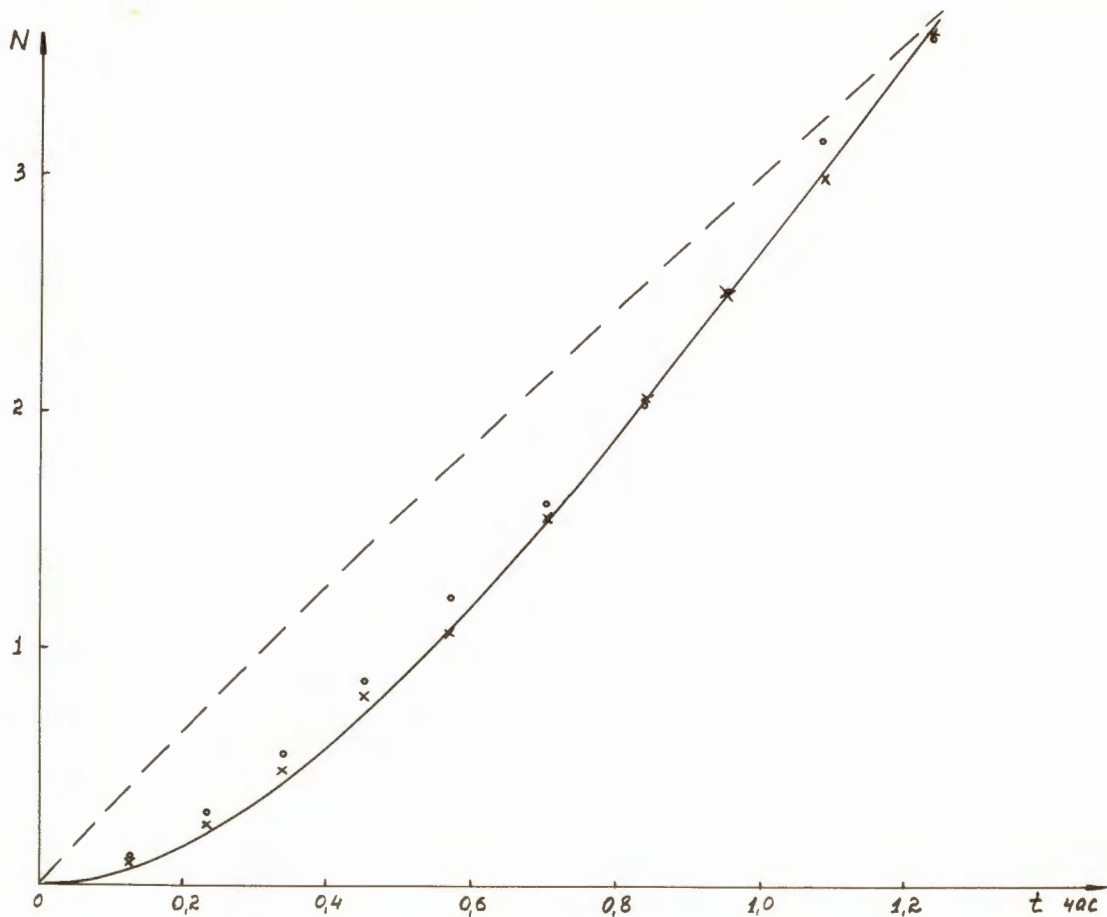
x/ Значение a_k для этих переходов принято наиболее близким к теоретическим значениям для E2-переходов.



Р и с. 1. Гамма-спектр Er^{160} .
 Крестики — измерения через 8 минут после выделения чистого эрбия (правая шкала по оси ординат); сплошная кривая, проведенная по точкам, — измерения через 75 минут после выделения Er (левая шкала).



Р и с. 2. Нарастание жесткой части спектра E_{γ}^{100} . Числа указывают энергию в Мэв. Расчетные кривые нарастания проведены сплошными линиями. Все интенсивности приведены к масштабу расчетных кривых.



Р и с. 3. Нарастание пиков (880 + 960) кэв (точки) и 727 кэв (крестики). Интенсивности приведены к масштабу расчетной кривой для распада основного состояния No^{100} (сплошная линия). Расчетная кривая для распада изомерного уровня показана пунктиром.