

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3540/82

2/VIII-82

P7-82-321

Б.Ф.Петров, В.В.Каманин, Ю.Рюдигер,
С.П.Иванова, О.Е.Крафт, Ю.В.Наумов

МОМЕНТ ИНЕРЦИИ ^{170}Hf
ПРИ ЗНАЧЕНИИ СПИНА $\sim 40 \hbar$

1982

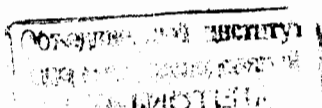
1. ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальное исследование моментов инерции атомных ядер при больших значениях спинов $I > 20 \hbar$ / представляет собой одну из актуальных задач ядерной физики ^{/1/}. Для относительно небольших значений спинов /до $22-24 \hbar$ / моменты инерции могут быть получены при изучении дискретных γ -переходов между состояниями вращательных полос ^{/2/}. Исключение составляет ядро ^{168}Er , в котором дискретные переходы установлены до спина $32 \hbar$ ^{/3/}. В большинстве же случаев при значениях спинов $> 24 \hbar$ разрядка вдоль ираст-линии происходит различными путями, так что отдельные γ -линии не разрешаются в GeLi -спектрах, а образуют сплошное распределение. Это распределение проявляется в гамма-спектрах в виде широкого максимума, который получил название квадрупольного "bump'a". Свойства γ -переходов непрерывного распределения изучались в работах ^{/4-7/}.

Большие возможности открывает исследование непрерывного γ -спектра с помощью систем многократных совпадений, работающих в режиме фильтра множественности, либо позволяющих получать "спектр множественностей" для γ -переходов. В частности, в ^{/8/} показано, что при измерениях множественности непрерывных γ -лучей можно получить величины предельных по отношению к делению орбитальных моментов, возникающих в реакциях с тяжелыми ионами. В работах ^{/6,9-11/} было показано, что с помощью спектра множественностей можно получить моменты инерции ядер при значениях спинов $30-50 \hbar$. В последнее время был предложен "корреляционный" метод измерения моментов инерции при изучении непрерывного спектра ^{/12/}.

Настоящая работа является продолжением исследования множественности γ -переходов в реакции $^{16}\text{O} (^{160}\text{Gd}, xn)$ $^{176-x}\text{Hf} /^{13/}$. В ^{/13/} измерены множественности дискретных γ -переходов, соответствующих разрядке вращательных полос в ядрах $^{172-168}\text{Hf}$. Получены средние множественности $\langle M \rangle$ и ширины распределения по множественности σ для каждого γ -перехода и каждой вращательной полосы, заселяемой в данной реакции. С помощью статистической модели проведены расчеты динамики изменения распределений заселенностей состояний по спину. Результаты расчета используются для анализа данных.

В настоящей работе представлены результаты измерения множественности непрерывного γ -спектра.



2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Множественность сплошных γ -спектров измерялась при помощи системы многократных совпадений, описанной в [13]. Отличие состояло в том, что вместо Ge(Li) -спектрометра использовался один из детекторов NaJ(Tl) , а фильтр множественности состоял из 11 детекторов NaJ(Tl) . Измерения проведены для энергий ^{16}O 110, 120, 129 и 134 МэВ. Измерялись спектры четырех кратностей p_0, p_1, p_2, p_3 . Обработка спектра заключалась в том, что вычиталось комптоновское сплошное распределение на каждом участке спектра. Комптоновское распределение аппроксимировалось равномерным с интенсивностью, которая определяется фотоэтом кристалла. В качестве примера на рис.1 приведены обработанные спектры при энергии ^{16}O , равной 110 МэВ. Видно, что при энергиях γ -квантов выше 1,5 МэВ наблюдается статистический спектр, который хорошо описывается выражением

$$I = e^{-E_\gamma/T},$$

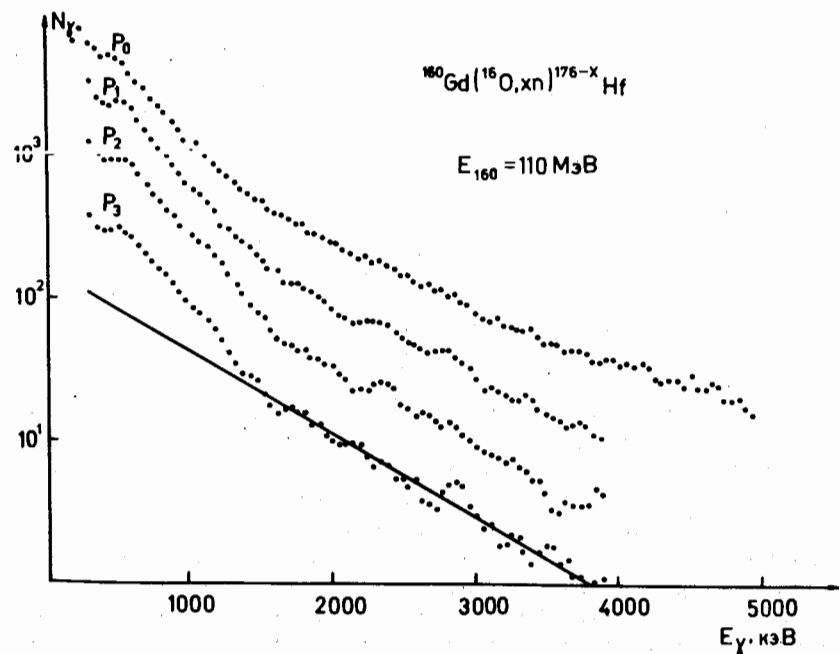


Рис.1. Сплошные γ -спектры кратностей p_0, p_1, p_2, p_3 , обработанные по методике, указанной в тексте. Прямая - рассчитанный по программе GROCI статистический спектр.

где $T=1,7$ МэВ в полном согласии с расчетами по программе GROCI. При энергиях γ -квантов ниже 1,5 МэВ в спектрах высоких кратностей наблюдается хорошо выраженный пик неразрешенных квадрупольных переходов - "bump".

Множественности γ -переходов для каждой энергии получались при решении методом наименьших квадратов следующей системы уравнений:

$$\langle W \rangle = (1 - 11\epsilon) \langle M \rangle + \frac{\sigma^2}{2} \ln(1 - 11\epsilon),$$

$$\langle m^{[1]} \rangle = [\langle W_1 \rangle + \langle W_2 \rangle \frac{2N-1}{N-1}] / C_N^1 \epsilon,$$

$$\langle m^{[2]} \rangle = [\langle W_2 \rangle + \langle W_3 \rangle \frac{3(N-1)}{N-2}] / C_N^2 \epsilon^2.$$

/1/

Здесь

$$\langle m^{[1]} \rangle = \langle M \rangle,$$

$$\langle m^{[2]} \rangle = \langle M \rangle^2 - \langle M \rangle + \sigma.$$

В результате получается спектр множественностей, то есть зависимость средней множественности $\langle M \rangle$ от энергии γ -переходов E_γ . Результаты для энергии ионов 110 и 129 МэВ приведены на рис.2. Статистические γ -переходы имеют множественности, которые на 2 - 2,5 единицы меньше, чем γ -переходы в квадрупольном пике. Характерными чертами спектров множественностей являются наличие максимума в области 1,0 - 1,2 МэВ, соответствующей γ -переходам между состояниями с максимальными моментами, и появление довольно значительных флуктуаций множественности статистических переходов, природа которых неясна.

Множественность квадрупольных переходов на рис.2 несколько занижена, так как в спектрах в области $E_\gamma < 1,5$ МэВ присутствуют и статистические γ -переходы с более низкой множественностью. Если вычесть статистический спектр для энергий $E_\gamma < 1,5$ МэВ в γ -спектрах различной кратности и затем определить множественность, решая систему /1/, то получим максимальные средние множественности и соответствующие им максимальные энергии γ -переходов. Результат приведен на рис.3 для энергии $E(^{16}\text{O}) = 110$ МэВ, при которой доминирует канал вд . Данные для других энергий дают примерно те же значения $\langle M \rangle_{\text{max}}$ и $(E_\gamma)_{\text{max}}$, что согласуется с приблизительно одинаковыми

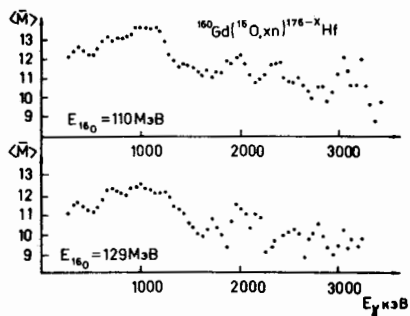


Рис.2. Зависимость средней множественности $\langle M \rangle$ от энергии γ -переходов.

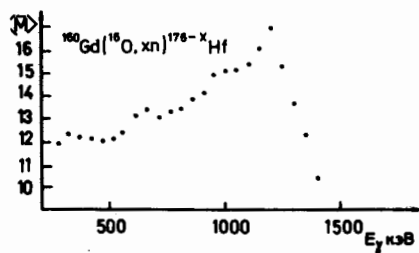


Рис.3. Спектр множественностей γ -переходов после вычитания статистических γ -квантов для энергии ионов 110 МэВ.

значениями $J(P_{1/2})$ для конечных систем при различной энергии ионов. Для энергии ^{16}O 110 МэВ / $\theta_{\text{п}}$ канал, ^{170}Hf / получаем $\langle M \rangle_{\text{max}} = 16 \pm 1$ и $(E_{\gamma})_{\text{max}} = 1,2 \pm 0,1$ МэВ. Величине $\langle M \rangle_{\text{max}} = 16$ соответствует значение $J_{\text{max}} = 42 \pm 2$, полученное с учетом того, что нижний переход полосы не наблюдается, а число статистических γ -квантов равно 4. Эта величина хорошо согласуется со значением $J(P_{1/2}) = 36$, полученным из анализа дискретных спектров. Тогда для момента инерции при спине $J_{\text{max}} = 42$ получаем следующее значение:

$$\frac{2J}{\hbar^2} = \frac{4J_{\text{max}} - 2}{(E_{\gamma})_{\text{max}}} = 138 \pm 10 \text{ МэВ}^{-1}.$$

Твердотельное значение момента инерции для $A=170$ равно 146 МэВ^{-1} . Таким образом, при спине, равном $42\hbar$, момент инерции для ^{170}Hf оказывается на 6% меньше твердотельного. Максимальный момент, для которого идентифицирован дискретный γ -переход в ^{170}Hf , равен $20\hbar$. Момент инерции при этом значении спина равен 120 МэВ^{-1} .

ВЫВОДЫ

Показано, что в γ -спектрах высокой кратности отчетливо разделяются статистический спектр и максимум неразрешенных переходов вдоль ираст-линии. Форма статистического спектра совпадает с вычисленной по программе GROC1. Величины $\langle M \rangle$, измеренные при различных энергиях ^{16}O , хорошо согласуются с данными, полученными при изучении дискретных линий ^{137}Ba . Из спектра множественностей получено значение момента инерции ^{170}Hf для спина $42\hbar$, равное $138 \pm 10 \text{ МэВ}^{-1}$, которое близко к твердотельному значению.

Авторы выражают благодарность академику Г.Н.Флерову за интерес к работе, профессору Ю.Ц.Оганесяну и Ю.Э.Пенионжквичу за полезные обсуждения, А.М.Сухову и В.Г.Субботину - за помощь при запуске измерительной системы, коллективу эксплуатации циклотрона У-200 - за обеспечение четкой работы ускорителя, В.В.Кобекову и В.А.Лощенко за помощь в измерениях и обработке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бор О., Моттельсон Б. Структура атомного ядра. "Мир", М., 1977, ч.II.
2. Stephens F.S., Lark N.L., Diamond R.M. Nucl.Phys., 1965, 63, p. 82.
3. Lee I.Y. et al. Phys.Rev.Lett., 1977, 38, p. 1454.
4. Deleplanque M.A. et al. Phys.Rev.Lett., 1978, 41, p. 1105.
5. Hübel H. et al. Phys.Rev.Lett., 1978, 41, p. 791.
6. Hills D.L. et al. Nucl.Phys., 1979, A325, p. 216.
7. Sie S.H. et al. Amad I. et al. In: Proc.Int.Conf.on Nucl.Phys., Berkeley, California, 1980, p. 329, 330, 354.
8. Newton J.O. et al. Phys.Rev.Lett., 1977, 38, p. 810.
9. Simon R.S. et al. Phys.Rev.Lett., 1976, 36, p. 359.
10. Deleplanque M.A. et al. Phys.Rev.Lett., 1978, 40, p. 629.
11. Deleplanque M.A. et al. Phys.Rev.Lett., 1979, 43, p. 1001.
12. Anderson O. et al. Phys.Rev.Lett., 1979, 43, p. 687.
13. Петров Е.Ф. и др. ОИЯИ, Р7-82-15, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 мая 1982 года.

Петров Б.Ф. и др.
Момент инерции ^{170}Hf при значении спина $-40\hbar$

P7-82-321

Работа посвящена экспериментальному исследованию моментов инерции атомных ядер при больших значениях спинов. Изучается непрерывность γ -спектра с помощью системы многократных совпадений, позволяющей получать "спектр множественностей". Показано, что в γ -спектрах высокой кратности отчетливо разделяются статистический спектр и максимум неразрешенных переходов вдоль ираст-линии. Форма статистического спектра совпадает с вычисленной по программе GROGI. Получено значение момента инерции ^{170}Hf для спина $42\hbar$, равное $138 \pm 10 \text{ MeV}^{-1}$, что близко к твердотельному значению.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Petrov B.F. et al.
The Moment of Inertia of ^{170}Hf at Spin $-40\hbar$

P7-82-321

This paper deals with an experimental study of the moments of inertia of atomic nuclei at high spins. The γ -ray continuous spectrum is investigated by means of a multiple-coincidence system that allows one to obtain the "multiplicity spectrum". It is found that the high-multiplicity spectra clearly exhibit a statistical spectrum and the maximum of forbidden transitions along the yrast-line. The shape of the statistical spectrum is the same as that calculated using the program GROGI. For ^{170}Hf at spin $42\hbar$ the moment of inertia was obtained to be equal to $138 \pm 10 \text{ MeV}^{-1}$ which is close to the rigid-body value.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод авторов.