

Г. А. ВАРТАПЕТЯН, А. Г. ХУДАВЕРДЯН

ГАММА-ГАММА УГЛОВАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ В ЯДРЕ Cs^{131}

В в е д е н и е

В последнее время были сделаны попытки в рамках модели Давыдова описать энергетические уровни и их свойства в нечетных слабдеформированных ядрах [1].

В частности, такие расчеты были сделаны для ${}_{55}Cs^{131}$ [2]. При описании природы возбужденных уровней ядра Cs^{131} возникают сомнения относительно спина возбужденного состояния 124 Кэв ($1/2^+$ или $7/2^+$) [2], [3], [4].

Установление факта существования угловой корреляции каскада $495-124 \text{ Кэв}$ однозначно дает ответ на вопрос, спин уровня 124 Кэв $1/2$ или нет, это вытекает из (2) (см. ниже).

В настоящей работе было произведено измерение угловой корреляции каскада $495-124 \text{ КэВ}$ в Cs^{131} .

Аппаратура

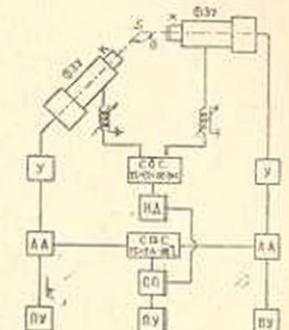
Аппаратура состоит из двух сцинтилляционных γ -спектрометров, включенных в схему быстро-медленных совпадений (фиг. 1) с разрешающим временем $2\tau =$ от $5 \cdot 10^{-9}$ до $5 \cdot 10^{-8}$ сек (см. ниже).

γ -кванты детектируются цилиндрическими кристаллами NaI(Tl) размерами $30 \times 30 \text{ мм}$. Кристаллы монтировались на фотоэлектронных умножителях ФЭУ-36. С анодов ФЭУ импульсы, возникшие от световых вспышек в кристаллах, после задержки и формирования подаются на схему быстрых совпадений. На фиг. 2 представлена схема быстрых совпадений L_4 вместе с формирующим устройством (L_1, L_2, L_3). На лампах L_1 и L_2 происходит усиление, а на лампе L_3 при помощи коротко-замкнутого кабеля РК-50 длиной $2,5 \text{ м}$ —формирование импульса. На схему совпадений (L_4) подаются импульсы величиной около $1,5 \text{ в}$. Со схемы быстрых совпадений импульсы, после усиления на усилительной ячейке (L_5, L_6, L_7) и интегральной дискриминации при помощи L_8 , подаются на схему пропускания (разрешающая способность схемы быстрых совпадений зависит также и от уровня дискриминации [5]).

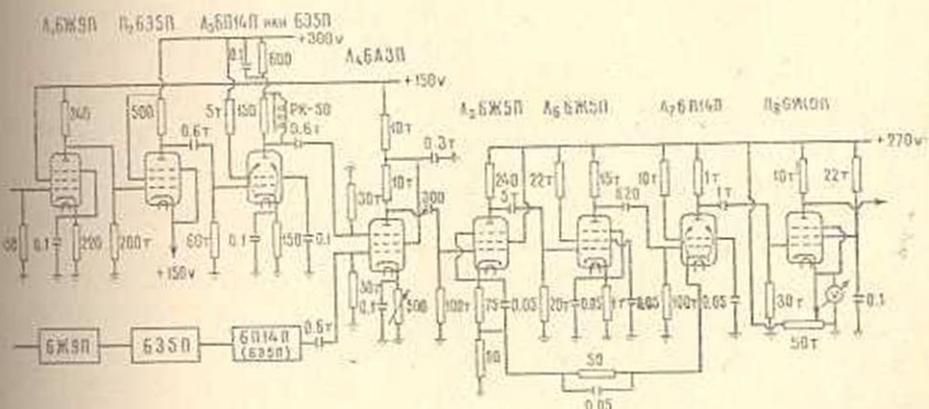
Схема пропускания открывается импульсами, поступившими со схемы медленных совпадений ($c 2\tau = 2,4 \cdot 10^{-6}$ сек) (фиг. 1). Схема медленных совпадений и схема пропускания собраны на лампах 6АЭП [5], [6]. На схему медленных совпадений подаются импульсы с эмиторов ФЭУ после усиления и амплитудного отбора.

На фиг. 3 представлена схема усилителя. На входе усилителя состоит фазоинвертор и катодный повторитель (L_1), собранные на лампе 6НЗП, благодаря чему на вход усилителя можно подавать сигналы обеих полярностей. После катодного повторителя следуют две усилительные ячейки (L_2, L_3, L_4 и L_5, L_6), а далее еще один катодный повторитель (L_7). В ячейках для уменьшения выбросов в сигнале применена сильная отрицательная обратная связь, собранная на кристаллических диодах [6].

Усилитель имеет коэффициент усиления $K = 2000$ и полосу пропускания 2 мГц. В области линейного усиления максимальная амплитуда выходного импульса достигает до 120 в. Конструкция и работа одноканального дифференциального амплитудного анализатора описаны в работе [7].



Фиг. 1. Блок-схема аппаратуры: s — источник, K — кристаллы NaI (7), ФЭУ — Фотоэлектронные умножители, У — усилители, АА — амплитудные анализаторы, с. б. с. — схема быстрых совпадений, ИД — интегральный дискриминатор, СМС — схема медленных совпадений, СП — схема пропускания, ПУ — пересчетные устройства.



Фиг. 2. Схема быстрых совпадений и интегральный дискриминатор.

В описываемой аппаратуре применен такой же анализатор, только вместо одновибраторов с положительной сеткой, собранных на лампах 6Л6 (фиг 4 (7)) поставлены системы из 3-х ламп (фиг. 4), которые обеспечили более надежную работу схемы при более высоких нагрузках. Система состоит из формирователя импульсов, состоящего из дросселя и диода, включенных в анодную цепь лампы L_1 (6Ж5П),

где N_0 — активность источника, ε_1 и ε_2 — эффективности счетчиков, ω_1 и ω_2 — их телесные углы, $W'(\theta)$ — экспериментальная функция корреляции, а N_{ca} — число случайных совпадений. Тогда число истинных совпадений $N_{сов}(\theta) - N_{ca}$ пропорционально экспериментально измеренной функции корреляции $W'(\theta)$. Для исключения малой децентровки и изменений одиночных загрузок в каналах, число истинных совпадений делится на счета в каналах N_1 и N_2 :

$$N'(\theta) = \frac{N_{сов}(\theta) - N_{ca}}{N_1 N_2} = \frac{N_0 \varepsilon_1 \omega_1 \varepsilon_2 \omega_2}{N_1 N_2} W'(\theta). \quad (4)$$

Далее по методу Роуза [11] находим коэффициенты A_i . На эти коэффициенты должны быть введены поправки для получения теоретических коэффициентов A , в функции корреляции.

Поправки

а) *Поправки на конечное угловое разрешение детекторов.* Поправочный фактор на конечное угловое разрешение для A_i будет равен произведению Q_i для каждого детектора. Связь между A_i и A следующая:

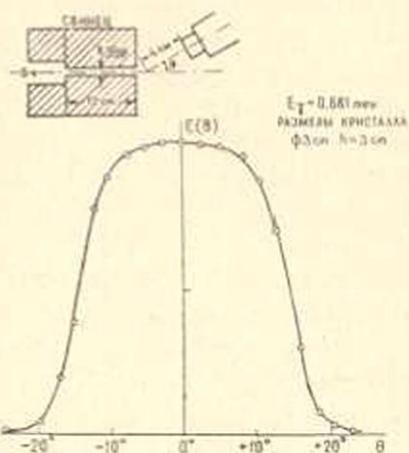
$$A_i = \frac{A_i^0}{Q_i^{(I)} Q_i^{(II)}}. \quad (5)$$

Поправки Q_i находились по методу Лаусона и Фрауенфельдера [12]. Измерялись кривые углового разрешения $\varepsilon(\theta)$ для обоих кристаллов при различных энергиях γ -квантов (1,33, 1,17, 0,661, 0,280, 0,134 MeV). Пучок γ -квантов диаметром 1,5 мм коллимировался свинцовым коллиматором толщиной 120 мм (фиг. 5). После численного интегрирования выражения

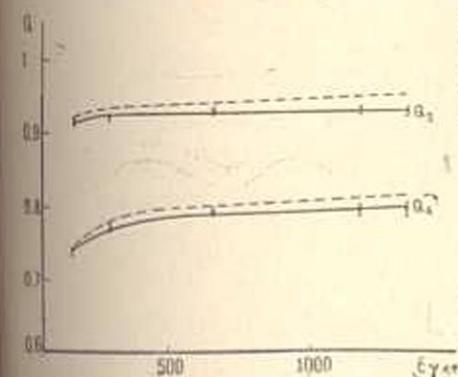
$$J_i = \int_0^{\theta_{max}} P_i(\cos \theta) \varepsilon(\theta) \cdot |\sin \theta| d\theta \quad (6)$$

находим поправочные коэффициенты $Q_i = \frac{J_i}{J_0}$, как функция от энергии γ -квантов приведена на фиг. 6.

б) *Поправки на размеры источника.* В настоящей работе



Фиг. 5. Кривая углового разрешения детектора и геометрия установки.



Фиг. 6. Поправочные коэффициенты на среднее угловое разрешение счетчиков Q_1 и Q_2 в зависимости от энергии γ -квантов. Пунктирная кривая вычислена теоретически [11].

использовались источники диаметром 1,5 мм и длиной 5 мм, которые помещались на оси вращения детекторов на расстоянии 40 мм от них. Расчеты показывают, что этой поправкой можно пренебречь.

в) *Рассеяние γ -квантов.* При нахождении функции корреляции надо также учесть и комптоновское рассеяние γ -квантов как внутри источника, так и между кристаллами. В нашем случае рассеянные фотоны не регистрировались аппаратурой, так как в обоих каналах брались фотопики от γ -квантов.

Испытание установки

Для проверки установки было произведено измерение угловой корреляции каскада 1,71—1,33 MeV в Ni^{60} , которая известна [13], [14], [15]. Измерения проводились через каждые 10° от 90° до 180° . Вычисляя коэффициенты A_2 и A_4 по вышеупомянутой методике, получили: $A_2 = 0,110 \pm 0,009$ и $A_4 = 0,018 \pm 0,015$. Теоретические расчеты дают для A_2 и A_4 значения $A_2 = 0,1020$, $A_4 = 0,0091$.

Измерение

Измерялась $\gamma\gamma$ -угловая корреляция каскада 495—124 KeV в Cs^{131} , образованного после распада изотопа Ba^{131} . При этом схема быстрых медленных совпадений бралась с разрешающим временем $2\tau = 1,8 \times 10^{-8}$ сек.

Для осуществления совпадений одноканальными дифференциальными анализаторами выделялись фотопики от γ -квантов 495 и 124 KeV. Получились следующие коэффициенты для функции угловой корреляции $W'(\theta)$:

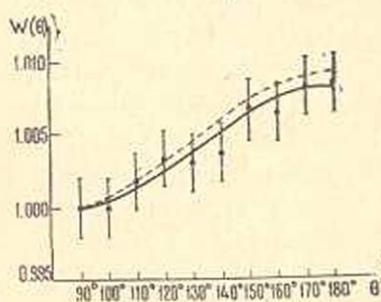
$$A_2 = 0,0054 \pm 0,0014;$$

$$A_4 = -0,0003 \pm 0,002.$$

После поправок находим

$$A_2 = 0,0063 \pm 0,0015,$$

$$A_4 = -0,0005 \pm 0,003.$$



Фиг. 7. Корреляция направлений каскада 495—124 KeV в ядре Cs^{131} . Точки экспериментальные. Сплошная кривая—экспериментальная функция $W'(\theta)$. Пунктирная кривая—функция $W(\theta)$ после поправки на конечное угловое разрешение счетчиков.

Результаты измерений приведены в фиг. 7. При этом получалась анизотропия

$$A = \frac{W(180^\circ) - W(90^\circ)}{W(90^\circ)} = 0,009 \pm 0,003.$$

Из схемы уровней Cs^{131} , приведенной в [4], [16], видно, что функция угловой корреляции может быть измерена неверно [3] из-за наличия других каскадов 480—133 KeV и 918—124 KeV и 907—133 KeV. Но после того, как известны все γ -

переходы в этих каскадах и их интенсивности, а также времена жизни уровней 124 и 133 KeV [4], 16], и благодаря тому, что установка дает возможность измерить корреляцию с введением задержки, можно установить, каково влияние вышеупомянутых каскадов на измеренный результат. Измерялась анизотропия с введением задержки $1,4 \times 10^{-8}$ сек в канал регистрирующей γ -кванты 495 KeV.

Получили $A = 0,01 \pm 0,0045$.

Как видно, анизотропия с введением задержки в пределах ошибок не нарушается. Расчеты на основе различных времен жизни уровней 124 и 133 KeV и интенсивностей переходов [4] показывают, что анизотропия происходит из-за корреляции γ -квантов 495 и 124 KeV.

Сам факт существования угловой корреляции каскада 495—124 KeV исключает спин $1/2$ для уровня 124 KeV. Принимая, что каскад 495—124 KeV имеет следующую последовательность $3/2(E2) 1/2(M1 + E2) 3/2$, находим отношение примеси E2 к M1 в γ -переходе 124 KeV, $\delta = 0,178 \pm 0,003$. Отсюда следует, что переход 124 KeV имеет вид $M1 (96,9 \pm 0,5)\% + E2 (3,1 \pm 0,5)\%$, что дает ускорение E2 порядка 20.

Обсуждение результатов дается в работе [16].

В заключение авторы выражают благодарность А. И. Алиханяну за интерес к работе.

Физический институт

ГКАЭ г. Ереван

Поступила 10 IV 1964

Բ. Ա. ՉԱՐԿԱՓԵՏՅԱՆ, Ա. Գ. ԿՈՆՍՏԱՆԻՆՅԱՆ

ԳՈՄՄԱ-ԳՈՄՄԱ ԱՆԿՅՈՒՆԱՅԻՆ ԿՈՌԵԼՅԱՅԻԱՆ ՄԵՂՈՒԿՈՒՄ Cs^{131}

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Աշխատության մեջ նկարագրված են $\gamma\gamma$ -անկյունային կոսկլայցիայի չափման արարատորանի և մեթոդիկան: Ստացված է Cs^{131} միջուկի 495—124 KeV կասկադի γ -քվանտների անկյունային բաշխումը: $W(\theta) = 1 + (0,0063 \pm \pm 0,0015) P_2(\cos \theta) - 0,0005 \pm 0,003) P_4(\cos \theta)$:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Давидов А. С. Энергетические уровни несферических нечетных атомных ядер. Известия АН СССР, серия физ. 27, 1963, 851. Коллективные возбуждения и деформируемость атомных ядер. Известия АН СССР, серия физ., 28, № 10, 1964, 1578.
2. Person L. W., Rasmussen I. O. Rotational energies for the asymmetric rotor model for odd-mass nuclei. Nucl. Phys., 36, 1962, 666.
3. Kelly W. H. and Horen D. J. Conversion electron measurements in the decay of $115 d. Ba^{131}$. Nucl. Phys., 47, 1963, 454.

4. Вартапетян Г. А., Худавердян А. Г., Гарибян Т. А. Коллективные эффекты в ядре Cs^{131} . ЖЭТФ, 45, 1963, 1720.
5. Вартапетян Г. А. Докторская диссертация.
6. Савин А. А. Электронные приборы в ядерной физике. Физматгиз, М., 1961.
7. Jonstone C. W. A new puls-analyzer design. Nucleonics, 1, 1953, 36.
8. Флаузифельдер Г. Бетта и гамма-спектроскопия, под ред. К. Зигбаха. Физгиз, М., 1959.
9. Дейч М. и Кофед-хенсен О. Экспериментальная ядерная физика, под ред. Сегра, т. III. ИЛ, М., 1961.
10. Доминов А. Э. Гамма-лучи, под ред. А. А. Савва. АН СССР, М.—Л., 1961.
11. Rose M. E. The analysis of angular correlation and angular distribution data. Phys. Rev., 91 1953, 610.
12. Lawson J. S. Jr. and Fraunfelder. The correction for finite angular resolution directional correlation measurements. Phys. Rev., 91, 1953, 649.
13. Klem D. E. and McGowan F. K. Gamma-gamma angular correlation in Ni^{60} . Phys. Rev., 91, 1953, 616.
14. Colombo S., Rossi A., Scotti A. A re-measurement of the Ni^{60} gamma-gamma directional correlation function. Nuovo Cim., 2, 1955, 471.
15. Garg I. B. and Gale N. H. Ni^{60} (γ - γ) angular correlation. Nuovo Cim., 16, 1959, 1014.
16. Вартапетян Г. А., Гарибян Т. А., Демехина Н. А., Мурадян Э. Г., Худавердян А. Г. О свойствах уровней и излучений нечетных ядер Cs^{131} и Cs^{137} . Известия АН СССР, серия физ., 28, № 10, 1964, 1657.