

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С 341.1e

B-123

29/IV-77

P6 - 10703

3367 / 2-77

Я.Ваврышук, И.И.Громова, В.Жук, Р.Ион-Михай,
Э.Крупа, Г.И.Лизурей, М.М.Маликов, Т.М.Муминов,
В.Таньска-Крупа, И.Холбаев

ИССЛЕДОВАНИЯ

ВОЗМУЩЕННЫХ УГЛОВЫХ γ - γ КОРРЕЛЯЦИЙ

В НЕЧЕТНЫХ ЯДРАХ ГАДОЛИНИЯ С $A = 149-155$

1977

P6 - 10703

Я.Ваврыщук,¹ И.И.Громова, В.Жук,¹ Р.Ион-Михай,²
Э.Крупа,¹ Г.И.Лизурей, М.М.Маликов,³ Т.М.Муминов,⁴
В.Таньска-Крупа,¹ И.Холбаев⁴

ИССЛЕДОВАНИЯ

ВОЗМУЩЕННЫХ УГЛОВЫХ γ - γ КОРРЕЛЯЦИЙ

В НЕЧЕТНЫХ ЯДРАХ ГАДОЛИНИЯ С $A = 149-155$

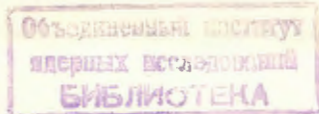
Направлено в "Acta Physica Polonica"

¹ Институт физики Люблинского университета
им. М.Кюри-Склодовской, Польша.

² Институт атомной физики, Бухарест.

³ Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент.

⁴ Самаркандский государственный университет.



Исследования возмущенных угловых γ - γ корреляций в нечетных ядрах гадолиния с $A = 149, 151, 153$ и 155

Исследовались интегральные и дифференциальные возмущенные угловые корреляции γ - γ каскадов при распаде ядер Tb с $A = 149, 151, 153$ и 155 , внедренных с помощью электромагнитного масс-сепаратора в матрицы Fe и Ni. Результаты исследований позволили уточнить значения сверхтонких полей $H_{Gd}(Fe)$ и $H_{Gd}(Ni)$ и определить значения g -факторов и магнитных моментов для состояний 165 кэВ в ^{149}Gd , 108 и 395 кэВ в ^{151}Gd , 109 и 129 кэВ в ^{153}Gd .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Investigation of Perturbed Gamma-Gamma Angular Correlations in Odd Gadolinium Nuclei with $A = 149-155$

The integral and differential perturbed angular correlations of gamma-gamma cascades in the decay of nuclei with $A = 149, 151, 153$ and 155 implanted with an electromagnetic mass-separator in Fe and Ni matrices were investigated. The results of investigations have allowed to improve the values of hyperfine magnetic fields $H_{Gd}(Fe)$ and $H_{Gd}(Ni)$ and determined the values of g -factors and magnetic moments for 165 keV levels in ^{149}Gd , 108 and 395 keV in ^{151}Gd , 109 and 129 keV in ^{153}Gd .

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1977

ВВЕДЕНИЕ

Исследовались интегральные /ИВУК/ и дифференциальные /ДВУК/ возмущенные угловые корреляции гамма-лучей при радиоактивном распаде ядер Tb с $A = 149, 151, 153$ и 155 , внедренных с помощью электромагнитного масс-сепаратора в ферромагнитные матрицы железа и никеля. Результаты этих исследований позволили определить значения эффективных сверхтонких магнитных полей на ядрах Gd в матрицах Fe и Ni, отработать методику измерения g -факторов короткоживущих возбужденных ядерных состояний и определить g -факторы для уровней 165 кэВ в ^{149}Gd , 108 и 395 кэВ в ^{151}Gd , 109 и 129 кэВ в ^{153}Gd .

1. ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Радиоактивные изотопы Tb получались в реакции глубокого расщепления Ta протонами с энергией 660 МэВ на синхроциклотроне ОИЯИ. Радиохимическими методами из облученных мишеней Ta выделялся элемент Tb, который затем разделялся по массам на электромагнитном масс-сепараторе /1/. При этом ионы Tb внедрялись в железные или никелевые фольги /производство "Johnson Matthey Chemical Ltd" / / толщиной 12 мкм при ускоряющих потенциалах 70 или 25 кВ. Доза имплантированных ионов в каждом случае не превышала 10^{11} ион/см².

2. АППАРАТУРА

Измерения ДВУК проводились на многоканальном временном спектрометре с двумя $\text{NaJ}(\text{Tl})$ -детекторами размером $\varnothing 40 \times 40$ мм и фотоумножителями типа XP 1021. Блок-схема установки приведена на рис. 1. Анализ временных распределений совпадений производился с помощью время-амплитудного конвертора типа "Старт-стоп" и 1024-канального анализатора импульсов. Память анализатора разбивалась на два участка, для измерений при двух противоположных направлениях внешнего поляризующего магнитного поля. Переключение направления

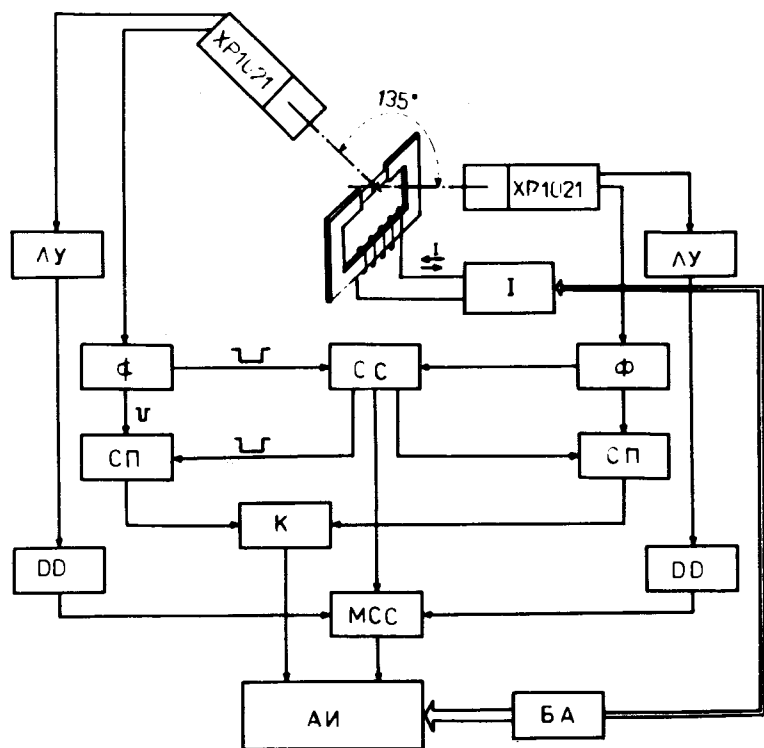


Рис. 1. Блок-схема временного спектрометра для измерений ДВУК.

тока в обмотке электромагнита и соответствующие переключения сектора памяти анализатора производились с помощью блока автоматики^{/2/}. Для формирования временных сигналов в обоих каналах применялись формирователи^{/3/}, работающие в режиме "следящего порога". Временной отбор совпадающих импульсов и выбор временного диапазона установки осуществлялись мажоритарной схемой совпадений и двумя схемами пропуска, включенными в "стартовый" и "стоповый" каналы конвертора $t \rightarrow A$.

Энергетический отбор γ -квантов производился по обычному быстро-медленному принципу с помощью линейных усилителей, дифференциальных дискриминаторов и медленной схемы совпадений.

Временное разрешение установки в измерениях мгновенных совпадений между γ -лучами с энергиями 90 и 180 кэВ при десятипроцентной ширине энергетических окон, составляло $2\tau_0 = 2,5$ нс.

Измерения ИВУК проводились на автоматизированном корреляционном спектрометре с $\text{Ge}(\text{Li})$ и двумя сцинтилляционными $\text{NaJ}(\text{Tl})$ -детекторами^{/2/}. Измерялось угловое распределение γ -квантов выделенного каскада, при углах между детекторами $\theta = 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ, 210^\circ, 240^\circ, 270^\circ$ для двух противоположных направлений магнитного поля. Участки спектров совпадений регистрировались в памяти 1024-канального анализатора импульсов, разделенной на 16 секторов. Угловые положения $\text{NaJ}(\text{Tl})$ -детекторов менялись автоматически циклическим образом, с экспозицией 200 с, а направление тока в обмотке электромагнита - после окончания каждого цикла. На этой же установке измерялись интегральные параметры $R(135^\circ, \pm H)$ γ - γ -каскадов.

Измерения параметра $R(135^\circ, \pm H)$ проводились также на корреляционном спектрометре с двумя $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами на линии с ЭВМ Минск-2, работающей в двумерном режиме с цифровыми окнами^{/4/}.

Электромагнит. Для выстраивания доменов ферромагнитных фольг использовался электромагнит, который состоял из "С"-образного железного /"армо"/ сердечника с обмоткой, содержащей 2000 витков медного

провода $\varnothing 0,41$ мм. Средняя длина магнитной силовой линии составляла 210 мм, зазор между полюсами - 10 мм, сечение - 10×2 мм². Исследуемые фольги /12x3 мм²/ крепились непосредственно к полюсам электромагнита. Кривые намагничивания Fe и Ni фольг приведены на рис. 2. Все исследования ВУК проводились при значении тока электромагнита $I = 200$ мА.

Методы и аппаратура, использовавшиеся для исследований ВУК изучаемых каскадов, приведены в табл. 1.

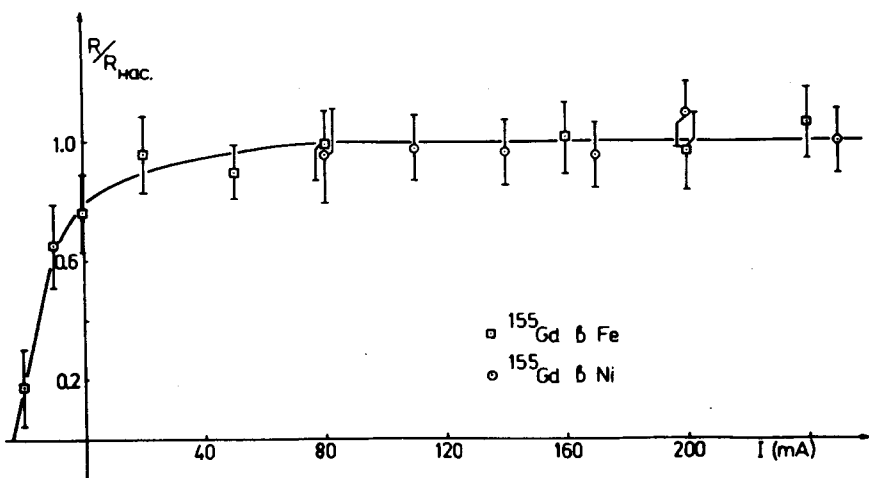


Рис. 2. Зависимость параметра $R(135^\circ, \pm H)$ ИВУК для каскада 180-86 кэВ в ^{155}Gd , имплантированного в Fe и Ni от тока в катушке электромагнита /кривая намагничивания/.

3. ИССЛЕДОВАНИЯ ДВУК И ИВУК В $^{151,155}\text{Gd}$

а/ Измерения ДВУК для каскада /180-86/кэВ в ^{155}Gd

Положения энергетических "окон" в γ -спектре ^{155}Tb , с помощью которых выделялись фотопики переходов 86 и 180 кэВ, представлены на рис. 3. На этом же рисунке

Таблица 1

Методы и аппаратура, применяемые для исследований возмущенных угловых корреляций γ - γ -каскадов в ядрах Gd /A = 149, 151, 153 и 155/

Ядро	Каскад (кэВ)	Метод	Установка
^{149}Gd	187 - 165	ИВУК - R	Ge(Li) - Ge(Li)
	652 - 165	ИВУК - R	
^{151}Gd	287 - 108	ДВУК	NaJ(Tl) - NaJ(Tl)
	444 - 257	ИВУК	Ge(Li) - 2NaJ(Tl)
		ИВУК - R	Ge(Li) - 2NaJ(Tl)
^{153}Gd	102 - 109	ИВУК - R	Ge(Li) - Ge(Li)
	82 - 129	ИВУК - R	
^{155}Gd	180 - 86	ДВУК	NaJ(Tl) - NaJ(Tl)
		ИВУК	Ge(Li) - 2NaJ(Tl)

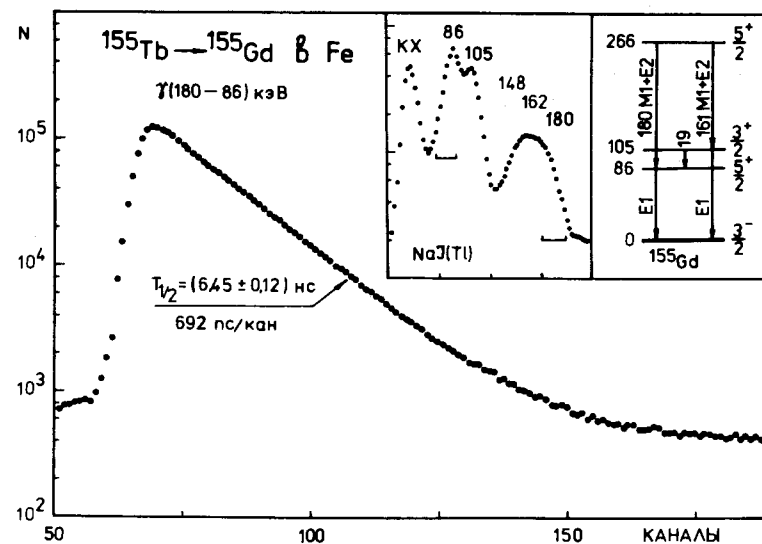


Рис. 3. Кривая распада уровня 86 кэВ в ^{155}Gd . Сцинтилляционный γ -спектр ^{155}Tb . Фрагмент схемы уровней ^{155}Gd .

показан фрагмент схемы уровней ^{155}Gd и кривая распада уровня 86 кэВ. Полученное значение периода полураспада $T_{1/2} = /6,45 \pm 0,12/$ нс хорошо согласуется с данными работы /5/.

Экспериментальная функция:

$$R(135^\circ, \pm H, t) = 2 \frac{N(135^\circ, +H, t) - N(135^\circ, -H, t)}{N(135^\circ, +H, t) + N(135^\circ, -H, t)} \quad /1/$$

определялась по спектрам временных распределений совпадений $\gamma 180 - \gamma 86$ кэВ, измеренных для противоположных направлений поляризирующего магнитного поля. Так как в "окна" 86 и 180 кэВ попадали также γ -кванты переходов 105 и /161±163/ кэВ, совпадения которых искажали кривые распада уровня 86 кэВ в области малых $t / T_{1/2} / 105 \text{ кэВ} / \approx 1,3 \text{ нс}$, функция $R(135^\circ, \pm H, t)$ вычислялась, начиная с $t \approx 2$ нс от центра тяжести кривой мгновенных совпадений. К этой функции подбиралось выражение:

$$R(135^\circ, \pm H, t) = 2b_2 e^{-\lambda_2 t} \sin 2(\omega_L t - \phi_0) + \Delta, \quad /2/$$

где $R(135^\circ, \pm H, t)$ - число истинных совпадений, соответствующее времени задержки t при данном направлении поля H ; b_2 - коэффициент функции угловой корреляции измеряемого γ -каскада; λ_2 - релаксационный параметр; ω_L - частота ларморовской прецессии; ϕ_0 - фазовый сдвиг; Δ - нормировочный параметр величин $R(135^\circ, \pm H, t)$.

Параметрами подбора являлись величины b_2 , λ_2 , ω_L , ϕ и Δ . Пренебрегалось влиянием разрешающего времени установки на вид функции $R(135^\circ, \pm H, t)$ так как во всех измерениях $\tau_{86} / 2\tau_0 > 3$.

Выполнены измерения для двух образцов Fe и двух образцов Ni с имплантированными в одинаковых условиях / $V = 70$ кэВ/ источниками ^{155}Tb . Полученные в одном из измерений кривые спиновой прецессии ядра ^{155}Gd в состоянии 86 кэВ для обеих матриц приведены на рис. 4 и 5.

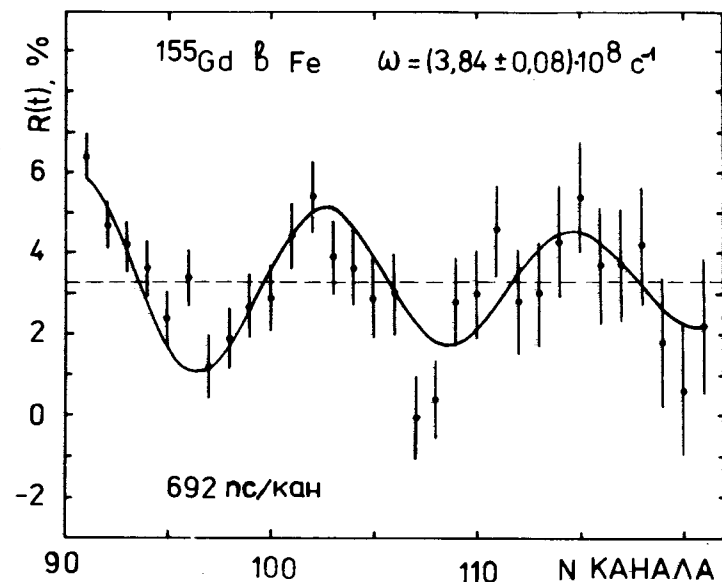


Рис. 4. Кривая спиновой прецессии для состояния 86 кэВ в ^{155}Gd , имплантированном в Fe.

В случае матрицы Fe наблюдается экспоненциальное затухание амплитуды функции $R(135^\circ, \pm H, t)$, свидетельствующее о наличии в образце динамических взаимодействий. Для Ni, из-за большого периода ларморовской прецессии, трудно было сделать выводы о затухании этой функции и поэтому обработка результатов /определение ω_L / проводилась с учетом и без учета параметра λ_2 /рис. 5/.

Значения ω_L и λ_2 для обоих образцов, полученные в этих исследованиях, приведены в табл. 2. При вычислении величин $N_{\text{Gd}}(\text{Fe})$ и $N_{\text{Gd}}(\text{Ni})$ принималось значение g -фактора уровня 86 кэВ из работы /6/.

б/ Измерения ИВУК для каскада 180-86 кэВ в ^{155}Gd

Угловое распределение $N(\theta, \pm H)$ гамма-лучей с энергией 86 кэВ, выделяемых в спектрах $\text{NaI}(\text{Tl})$ -детекторов с участком спектра $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора, измерялось

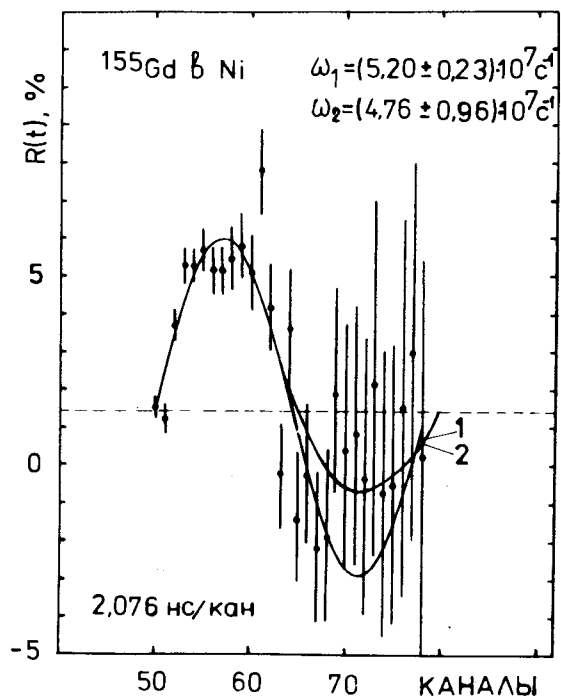


Рис. 5. Кривая спиновой прецессии для состояния 86 кэВ в ^{155}Gd , имплантированном в Ni.

Таблица 2

Результаты измерений ДВУК для каскада 180-86 кэВ в ^{155}Gd , имплантированном в Fe и Ni при $V = 70$ кВ

Матрица	$\omega_L \times 10^8 (\text{c}^{-1})$	$\lambda_2 \times 10^8 (\text{c}^{-1})$	$H_{\text{Gd}} (\text{M})^{\text{a/}}$ / (кГс)	$G_{22}^{(\infty)}$ ^{б/}
Fe	3,84(8)	1,27(43)	-213(15)	0,45(8)
Ni	0,48(10) 0,52(2)	0,37(16) = 0	-29(3) -28(3)	0,74(9)

а/ Принято $g_{86} = -0,376 \pm 0,026$ ^{6/}
 б/ $G_{22}^{(\infty)} = (1 + \lambda_2 \tau)^{-1}$

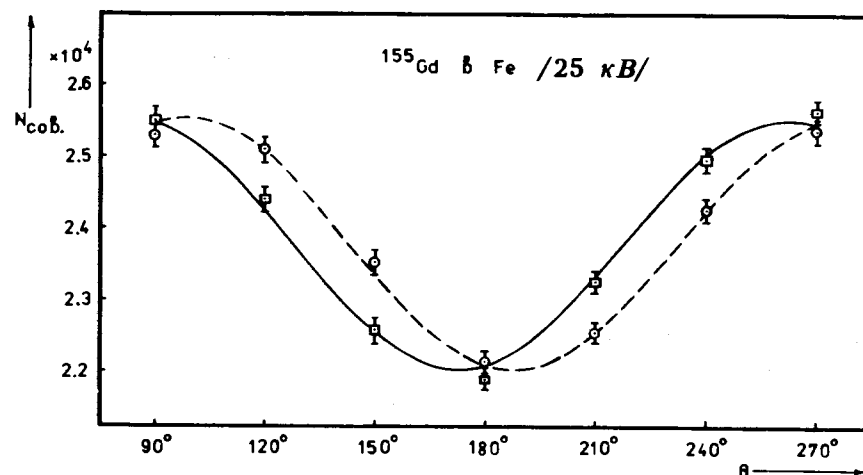


Рис. 6. Угловые распределения γ -лучей каскада 180-86 кэВ в ^{155}Gd , имплантированном в матрицу Fe / $E_{\text{импл.}} = 25$ кэВ/ для двух противоположных направлений поляризующего поля.

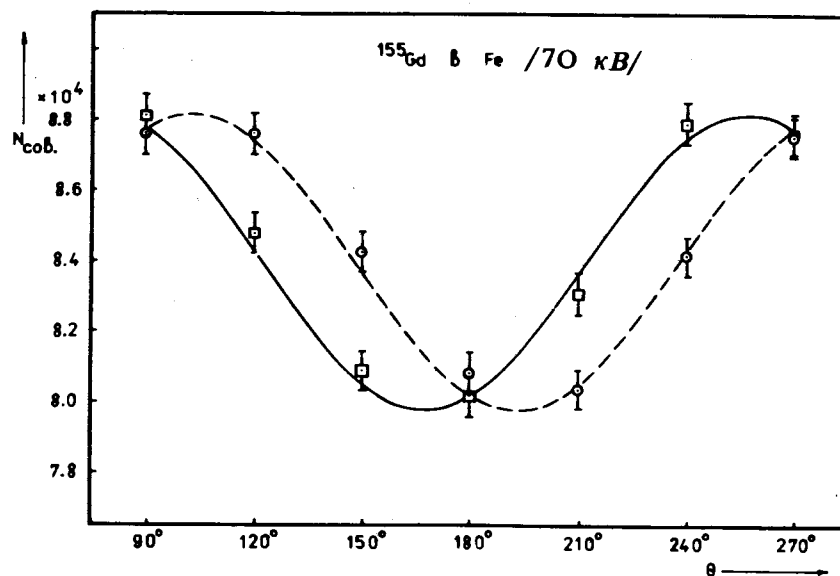


Рис. 7. Угловые распределения γ -лучей каскада 180-86 кэВ в ^{155}Gd , имплантированном в матрицу Fe / $E_{\text{импл.}} = 70$ кэВ/ для двух противоположных направлений поляризующего поля.

в диапазоне энергий /130±220/ кэВ. Использовались те же самые образцы, что и в измерениях ДВУК, и один образец, полученный при имплантации ^{155}Tb в Fe с $V_{\text{импл.}} = 25$ кВ.

Результаты измерений иллюстрируются на рис. 6-8. Из подгонки к экспериментальным точкам $N(\theta, H_{\pm})_{\text{эксп.}}$ выражения

$$N(\theta, \pm H) = N_0 (1 + \bar{b}_2 \cos 2(\theta \mp \Delta\theta)) \quad /8/$$

определены коэффициенты $\bar{b}_2 = b_2 G_{22} [1 + (2\bar{\omega}_L \tau G_2)^2]^{-1/2}$ и углы поворота $\Delta\theta = \frac{1}{2} \arctg(2\bar{\omega}_L \tau G_2)$ исследуемой корреляционной функции каскада 180-86 кэВ для ^{155}Gd в Fe и Ni.

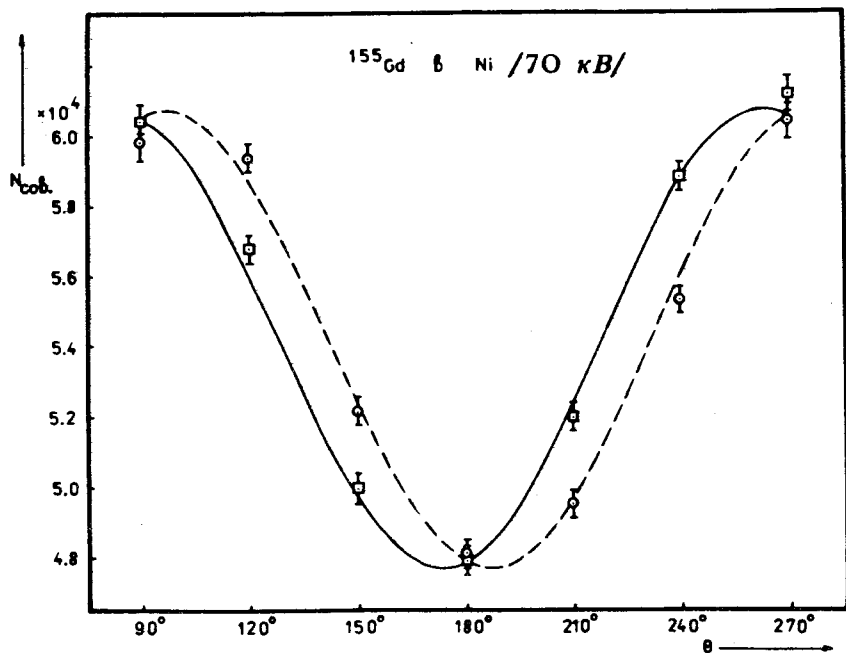


Рис. 8. Угловые распределения γ -лучей каскада 180-86 кэВ в ^{155}Gd , имплантированном в матрицу Ni / $E_{\text{импл.}} = 70$ кэВ/ для двух противоположных направлений поляризующего поля.

Значения $\bar{\omega}_L$, вычисленные по полученным величинам \bar{b}_2 и $\Delta\theta$, оказались существенно меньшими по сравнению с результатами измерений ДВУК /табл. 3/.

1/ При вычислении ω_L из \bar{b}_2 использовалось значение коэффициента b_2 невозмущенной функции угловой корреляции каскада 180-86 кэВ, полученное в работе /6/ и исправленное на геометрию нашего эксперимента: $b_2 = -0,147 \pm 0,006$.

2/ Значения $\omega_L (G_{22})$ вычислены с учетом G_{22} , полученных в измерениях ДВУК.

в/ Измерения ДВУК для каскада 287-108 кэВ в ^{151}Gd

Исследования проводились с тремя источниками ^{151}Tb , внедренными в железные фольги / $V_{\text{импл.}} = 70$ кВ/. Измерялись временные распределения между фотопиками 287 и 108 кэВ для двух противоположных направлений поляризующего магнитного поля. Положения энергетических окон в γ -спектрах, фрагмент схемы уровней ^{151}Gd и кривая распада уровня 108 кэВ приведены на рис. 9. Величина периода полураспада уровня 108 кэВ $T_{1/2} = /3,17 \pm 0,15/$ нс, полученная в наших измерениях, хорошо согласуется с данными работы /5/.

По результатам трех серий измерений для исследуемого каскада были определены значения релаксационного параметра и частоты ларморовской прецессии: $\lambda_2 = /1,2 \pm 0,8/ \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$ и $\omega_L = /0,43 \pm 0,04/ \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$. Кривая спиновой прецессии, полученная в одной из серий измерений, приведена на рис. 10, из которого видно, что, как и в случае ^{155}Gd , в Fe для амплитуды функции $R(135^\circ, \pm H, t)$ рассматриваемого каскада наблюдается экспоненциальное затухание.

г/ Измерения ИВУК для каскада 287-108 кэВ в ^{151}Gd

Измерения проводились с такими же источниками, как и в исследованиях ДВУК. В сцинтилляционных трактах выделялись энергетические окна на фотопике 108 кэВ

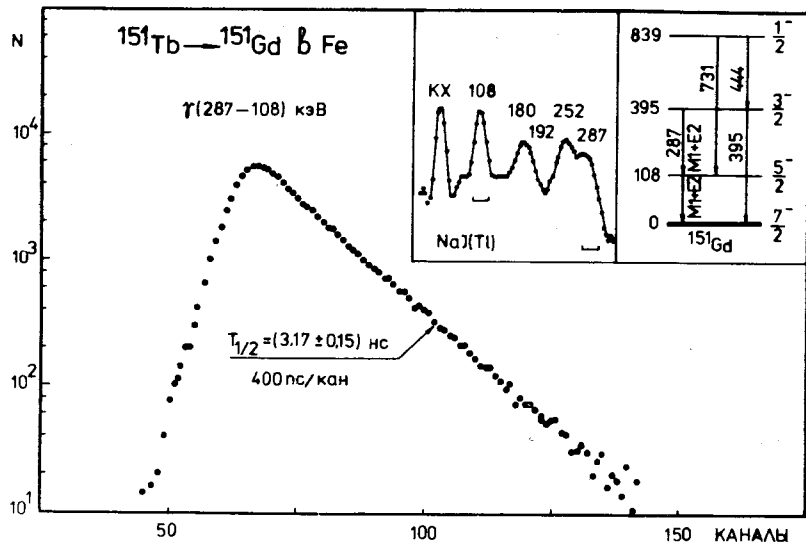


Рис. 9. Кривая уровня 108 кэВ в ^{151}Gd . Сцинтилляционный γ -спектр ^{151}Tb . Фрагмент схемы уровней ^{151}Gd .

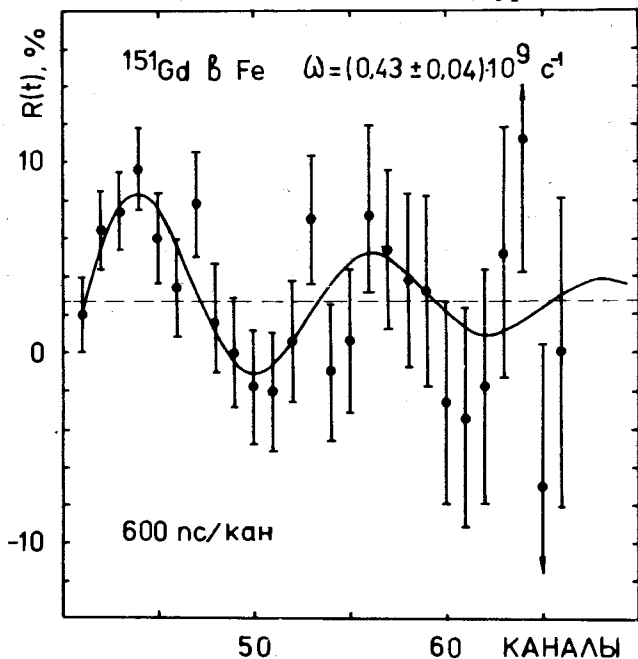


Рис. 10. Кривая спиновой прецессии уровня 108 кэВ в ^{151}Gd , имплантированном в Fe.

и на участке комптоновского распределения за этим фотопиком, а в тракте $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора - участок спектра с энергией 260-310 кэВ.

Угловые распределения каскада 287-108 кэВ, измеренные для обоих направлений поляризирующего поля, приведены на рис. 11. Как и в случае ^{155}Gd , наблюдаемые значения смещения угловых распределений $\bar{\omega}_L \tau = -0,268 \pm 0,042$ рад и коэффициента функции угловых корреляций $b_2 = -0,089 \pm 0,011$ существенно меньше величины $\omega_L \tau = -1,97 \pm 0,21$ рад, вытекающей из результатов ДВУК.

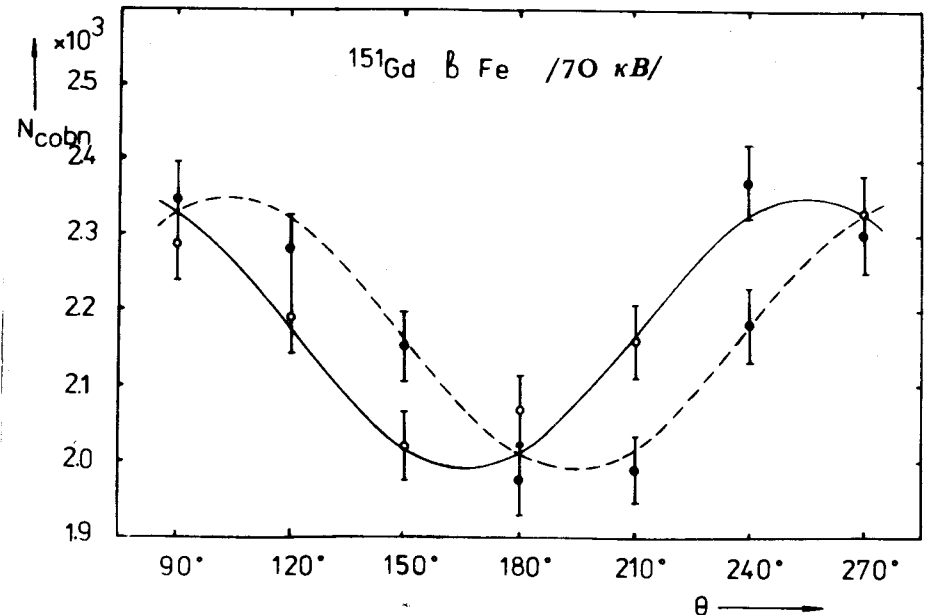


Рис. 11. Угловые распределения γ -лучей каскада 287-108 кэВ в ^{151}Gd , имплантированном в Fe, для двух противоположных направлений поляризирующего поля.

4. Параметры ИВУК $R(135^\circ, \pm H)$ в $^{149}, ^{151}, ^{153}\text{Gd}$

Исследования проводились с радиоактивными источниками ^{149}Tb , ^{151}Tb и ^{153}Tb , внедренными в железные фольги при потенциале 70 кВ.

Параметр ИВУК $R(135^\circ, \pm H)$ для каскада 187-165 кэВ в ^{149}Gd измерен в совпадениях $\gamma_{165} - \gamma_{187}$ и $\gamma_{187} - \gamma_{165}$ кэВ /рис. 12/ с учетом совпадений от комптоновского распределения за этими фотопиками. Даже при относительно небольшой статистике в этих измерениях хорошо прослеживается изменение скорости счета совпадений для разных направлений поляризующего поля. Значения

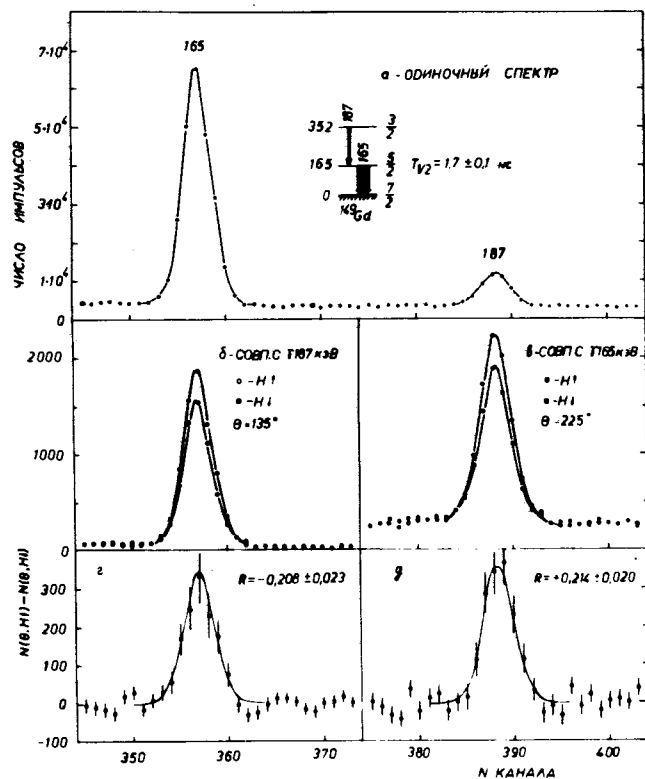


Рис. 12. Участок γ -спектра ^{149}Tb /а/; фотопики 165 кэВ /б/ и 187 кэВ /в/ в спектрах совпадений с γ_{187} и γ_{165} кэВ соответственно, для двух противоположных направлений поляризующего поля; разности интенсивностей фотопиков 165 кэВ /г/ и 187 кэВ /д/ в спектрах совпадений для противоположных направлений поляризующего поля.

величин $R(135^\circ, \pm H) = -0,208 \pm 0,023$ и $R(225^\circ, \pm H) = +0,214 \pm 0,020$, полученные соответственно из интенсивностей фотопиков 165 и 187 кэВ, в спектрах совпадений хорошо согласуются между собой, что указывает на отсутствие заметных систематических ошибок в измерениях.

Параметр ИВУК для каскада 652-165 кэВ в ^{149}Gd определен в совпадениях между фотопиками 652 кэВ, выделяемыми в сцинтилляционных трактах, и γ -квантами перехода 165 кэВ, регистрируемых Ge(Li) - детектором как $R(135^\circ, \pm H) = +0,117 \pm 0,012$.

Параметры ИВУК $R(135^\circ, \pm H)$ для каскадов 287-108 кэВ и 444-287 кэВ в ^{151}Gd были определены в нашей предыдущей работе /7/, как: $-0,065 \pm 0,010$ и $-0,122 \pm 0,022$, соответственно.

При исследовании каскадов 102-109 кэВ и 82-129 кэВ в ^{153}Gd в обоих трактах были установлены цифровые окна на фотопиках 82, 102, 109 и 129 кэВ и на участках комптоновского распределения за фотопиками 109 и 129 кэВ. Результаты измерений позволили определить значения параметров ИВУК для каскада 102-109 кэВ как: $R(135^\circ, \pm H) = -0,029 \pm 0,006$ и $R(225^\circ, \pm H) = +0,022 \pm 0,005$ и для каскада 82-129 кэВ как: $R(135^\circ, \pm H) = -0,067 \pm 0,022$ и $R(225^\circ, \pm H) = +0,054 \pm 0,019$.

5. ОБСУЖДЕНИЕ

а/ Сверхтонкие поля

Впервые сверхтонкое поле на ядрах Gd в матрице Fe было измерено Гродзинсом и др. /8/ и Бозмом и др. /9/. В этих работах измерения проводились методом ИВУК с ядрами ^{156}Gd , внедренными в железные фольги в процессе их кулоновского возбуждения ионами ^{16}O с энергией 36 МэВ. Клеппер и др. /10/ исследовали $\text{H}_{\text{Gd}}(\text{Fe})$ и $\text{H}_{\text{Gd}}(\text{Ni})$ методом ДВУК при кулоновском возбуждении ядер ^{156}Gd альфа-частицами с энергией 4 ÷ 10 МэВ.

Значение $\text{H}_{\text{Gd}}(\text{Fe})$, полученное в наших измере-

ниях в ^{155}Gd , согласуется с результатами указанных выше работ и имеет большую точность /табл. 4/.

Результаты наших исследований $H_{\text{Gd}}(\text{Ni})$ и измерений Клеппера и др. /10/ резко отличаются между собой /табл. 4/. Если учесть, что условия наших измерений ДВУК были существенно лучше, чем в работе /10/, в которой измерялась частота ларморовской прецессии для состояния 89 кэВ в ^{156}Gd с временем жизни, почти в три раза меньшим по сравнению с временем жизни уровня 86 кэВ ^{155}Gd , то, по-видимому, можно отдать предпочтение нашему результату $H_{\text{Gd}}(\text{Ni})$.

Обнаруженные в измерениях ДВУК явные релаксационные процессы в Fe и, по-видимому, в Ni-фольгах, могут свидетельствовать о существовании в этих образцах /кубическая решетка/ магнитных динамических взаимодействий, обусловленных электронной спиновой релаксацией. Такие взаимодействия в металлах с примесными ядрами ряда редкоземельных элементов ранее наблюдались в работах /11-13/.

б/ Ослабление эффекта ИВУК

Как уже отмечалось выше, измерения ИВУК приводят к средним значениям $\bar{\omega}_L$ значительно меньшим, чем это вытекает из измерений ДВУК. Расхождения остаются и после учета динамических эффектов. Ослабление $\bar{\omega}_L$ можно понять, если предположить, что на часть ядер имплантированных ионов не действует сверхтонкое поле и это приводит к сильному подавлению средней величины $\Delta\theta_2$ и увеличению амплитуды \bar{b}_2 . В этом случае измеряемая функция ИВУК будет представлять собой суперпозицию двух функций:

$$\bar{W} = fW(\theta \pm H) + (1-f)W(\theta, H=0), \quad /4/$$

где f - часть ядер, на которые действует сверхтонкое поле

Таблица 3

Результаты измерений ИВУК для каскада 180-86 кэВ в ^{155}Gd , имплантированном в Fe и Ni

Матрица	V имп. (кВ)	\bar{b}_2	$\Delta\theta_2$ (мрад)	$\bar{\omega}_L \cdot 10^8$ (с ⁻¹)		$\bar{\omega}_L(G_{22}) \cdot 10^8$ (с ⁻¹)	
				из \bar{b}_2	из $\Delta\theta_2$	из \bar{b}_2	из $\Delta\theta_2$
Fe	70	-0,050(3)	225(27)	1,42(10)	0,25(4)	0,99(16)	0,56(15)
	25	-0,070(4)	98(24)	0,95(10)	0,14(2)	-	-
Ni	70	-0,119(4)	87(12)	0,37(6)	0,13(2)	нет.реш.	0,18(8)

Таблица 4
Значения $N_{Gd}(Fe)$ и $N_{Gd}(Ni)$

Матрица Ядро	$E_{ур}$ (кэВ)	$\tau_{ур}$ (нс)	Метод имплантации	Метод измер.	H (кгс)	Литература
Fe	^{156}Gd 89	3,20(9)	К.В. ^{16}O (36 МэВ) ^{156}Gd	ИВУК	180(90) 200(50)	Гродзинс и др. /8/ Бозм и др. /9/
			^{155}Gd 86	К.В. α (4+10 МэВ) импл. ^{155}Tb (70 кВ)	ДВУК	260(30) 213(15)
Ni	^{156}Gd 89	3,20(9)	К.В. α (4+10 МэВ) импл. ^{155}Tb (70 кВ)	ДВУК	175(45)	Клеппер и др. /10/
			^{155}Gd 86	импл. ^{155}Tb (70 кВ)	ДВУК	29(3)

$$W(\theta, \pm H) = 1 + \frac{b'_2 \cos 2(\theta + \Delta\theta)}{\sqrt{1 + (2\omega_L \tau G_{22}(\infty))^2}},$$

$$W(\theta, H=0) = 1 + b_2 \cos 2\theta,$$

$$b'_2 = 3A_2 G_{22}(\infty) / 4 + A_2 G_{22}(\infty),$$

$$b_2 = 3A_2 / 4 + A_2,$$

$$\Delta\theta = \frac{1}{2} \arctg[2\omega_L \tau G_{22}(\infty)],$$

$$G_{22}(\infty) = (1 + \lambda_2 \tau^{-1}).$$

Сравнивая /3/ и /4/, можно получить:

$$\bar{\omega}_L(\tau) = \frac{f G_{22}(\omega_L \tau G_{22})}{f G_{22} + (1-f) |1 + (2\omega_L \tau G_{22})^2|}, \quad /5/$$

$$\left(\frac{\bar{b}_2}{b_2}\right)^2 = \frac{f G_{22} |f G_{22} + 2(1-f)|}{1 + (2\omega_L \tau G_{22})^2} + (1-f)^2 \quad /6/$$

Используя эти соотношения и принимая G_{22} , вытекающие из измерений ДВУК, можно определить коэффициент f по значениям $\bar{\omega}_L$ и \bar{b}_2 /табл. 5/. В соответствии с ожидаемым значения $\bar{\omega}_L$ и \bar{b}_2 по мере увеличения Z матрицы и с понижением энергии имплантации уменьшаются.

Значения f и λ_2 , полученные в настоящей работе при исследовании ДВУК и ИВУК при распаде ^{155}Tb и ^{151}Tb , имплантированных в железные фольги, согласуются между собой /табл. 5/. Это позволяет заключить, что для всех изотопов Tb , имплантированных в матрицы Fe в идентичных условиях, значения $N_{Gd}(Fe)$, f и λ_2

одинаковы, т.е. полученные значения $H_{Gd}(Fe)$, f и λ_2 могут быть использованы для оценки g -факторов короткоживущих возбужденных состояний изотопов по результатам исследований ИВУК.

Таблица 5

Значения коэффициентов f для ядер Gd, имплантированных в Fe и Ni-фольги

Матрица	Ядро	$V_{импл.}$ (кВ)	$\lambda_2 [10^8 \text{ c}^{-1}]$	$f(b_2)$	$f(\omega_L)$
Fe	^{155}Gd	25	1,27(43)	0,55(4)	0,65(6)
	^{155}Gd	70	1,27(43)	0,71(6)	0,81(5)
	^{151}Gd	70	1,20(80)	0,57(30)	0,76(4)
Ni	^{155}Gd	70	0,37(16)	0,51(9)	0,40(8)

g -факторы состояний 108 и 395 кэВ в ^{151}Gd , 165 кэВ в ^{149}Gd , 109 и 129 кэВ в ^{153}Gd

Из величины сверхтонкого магнитного поля $H_{Gd}(Fe) = -/213 \pm 15/$ кГс и частоты ларморовской прецессии каскада 287-108 кэВ вытекает значение g -фактора для состояния 108 кэВ ^{151}Gd $g = -0,42 \pm 0,05$.

В работе Бэдикэ и др.^[14] в измерениях ИВУК с использованием внешнего магнитного поля g -фактор этого уровня был определен как $g = -0,49 \pm 0,07$.

Можно показать, что параметр ИВУК $R(135^\circ, \pm H)$ с учетом коэффициента f и фактора ослабления $G_{22} = (1 + \lambda_2 \tau)^{-1}$ определяется следующим выражением

$$R(135^\circ, \pm H) = - \frac{6fA_{22}}{4 + A_{22}[1 - f(1 - G_{22})]} \cdot \frac{2\omega_L \tau G_{22}}{1 + (2\omega_L \tau G_{22})^2} \quad /7/$$

Тогда, исходя из значений параметров $R(135^\circ, \pm H)$ для каскадов 287-108 кэВ и 444-287 кэВ, можно определить величины g -факторов для состояний 108 и 395 кэВ как $g = -0,47 \pm 0,14$ и $g = -1,65 \pm 0,50$ соответственно. Полученная таким образом величина g -фактора состояния 108 кэВ хорошо согласуется со значением, полученным методом ДВУК. Это свидетельствует о том, что учет коэффициента f и параметра релаксации при определении g -факторов возбужденных состояний из величины $R(135^\circ, \pm H)$ оправдан.

Аналогично определены значения g -факторов для состояний 165 кэВ в ^{149}Gd , 109 и 129 кэВ в ^{153}Gd .

Значения g -факторов и магнитных моментов, вытекающих из проведенных исследований, приведены в табл. 6.

Таблица 6

g -факторы и магнитные моменты нижних возбужденных состояний в ядрах Gd с $A = 149, 151, 153$

Ядро	$E_{ур}$ (кэВ)	I^π	g	μ (я.м.)
^{149}Gd	165	$5/2^-$	-0,36(9)	-0,90(23)
^{151}Gd	108	$5/2^-$	-0,43(5)	-1,08(13)
	395	$3/2^-$	-1,65(50)	-2,48(75)
^{153}Gd	109	$5/2^-$	+0,16(6)	+0,40(15)
	129	$3/2^-$	+0,22(8)	+0,33(12)

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты, полученные в этой работе, сводятся к следующему:

1. Уточнены значения сверхтонких магнитных полей, действующих на ядра Gd в железной и никелевой матрицах.

2. Определена доля имплантированных в матрицы Fe и Ni ядер, "чувствующих" сверхтонкое магнитное поле.

3. Впервые определены значения g -факторов и магнитных моментов для состояний 165 кэВ в ^{149}Gd , 395 кэВ в ^{151}Gd , 109 и 129 кэВ в ^{153}Gd .

Для состояния 108 кэВ в ^{151}Gd значения этих величин уточнены по сравнению с известными результатами.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность проф. К.Я.Громову за поддержку и постоянный интерес к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.П. и др. ОИЯИ, 13-4763, Дубна, 1969.
2. Аликов Б.А. и др. ОИЯИ, P13-9607, Дубна, 1976.
3. Балдин Б.Ю., Крумштейн З.В., Ронжин А.И. ОИЯИ, 13-9850, Дубна, 1976.
4. Аликов Б.А. и др. ОИЯИ, P13-9608, Дубна, 1976.
5. Берлович Э.Е., Василенко С.С., Новиков Ю.Е. *Времена жизни возбужденных состояний атомных ядер*. "Наука", Л., 1972.
6. Hrynkiwicz A.Z. e.a. *Nucl. Phys.*, 1966, 80, p.608.
7. Afanasiev V.P. e.a. *JINR*, E6-8327, Dubna, 1974.
8. Grodzins L., Borchers, Hagemann G.B. *Phys. Lett.*, 1966, 21, p.214.
9. Boehm F., Hagemann G.B., Winter A. *Phys. Lett.*, 1966, 21, p.217.
10. Klepper O., Spehe H., Wertz N. *Z. Phys.*, 1968, 217, p.425.
11. Deutch B.I., Bonde Nielson L., Bernas H. *Phys. Lett.*, 1968, 27B, p.209.
12. Waddington T.C. e.a. *Nucl. Reactions Induced by Heavy Ions*. N.-H. Publ. Comp., 1970, 438.
13. Herskind B. *Hyperfine Interactions in Excited Nuclei*. Rehovot 1970, 987, N.-Y.-London-Paris, 1971.
14. Badica T. e.a. *Z. Phys.*, 1976, A277, p.217.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 мая 1977 года.