

ГИРОМАГНИТНЫЕ ОТНОШЕНИЯ И ПРИРОДА ОБРАТНОГО ИЗГИБА МОМЕНТА ИНЕРЦИИ

Ю. Т. Фринь

Показано, что гиромагнитное отношение для ротационных возбуждений принимает значения, существенно отличные от Z/A в случае, когда природа обратного изгиба момента инерции связана с пересечением с состоянием разорванной пары нуклонов на уровне с моментом $j = l + 1/2$. Вычислена зависимость g от спина ядра.

В настоящее время интенсивно обсуждаются две возможные причины обратного изгиба момента инерции (ОИ) атомного ядра [1]: 1) скачкообразный переход из сверхпроводящего состояния в нормальное, 2) переход в состояние с одной разорванной парой, момент которой направлен вдоль оси вращения. В этой статье мы дадим оценку поведения гиромагнитного отношения при разных моментах l для указанных причин ОИ, которая позволяет получить дополнительную информацию о природе ОИ и сделать выбор между двумя возможностями.

Резкое изменение величины парной корреляции Δ приводит к скачку в моменте инерции J , однако слабо меняет коллективное гиромагнитное отношение $g_R = J_Z / (J_Z + J_N)$. Выражение для моментов инерции систем нуклонов (индексы Z и N относятся, соответственно, к протонам и нейтронам) можно представить в виде $J_i = J_0 \frac{N_i}{A} \phi(\kappa_i)$ [2], где J_0 — твер-

дотельный момент инерции, N_i — число нуклонов i -го сорта (N или Z), $\phi(\kappa)$ — универсальная функция параметра $\kappa_i = \omega_0 \beta / 2\Delta_i$, протабулированная в работе [2], β — деформация ядра, осцилляторная частота $\omega_0 = 41/A^{1/3}$ Мэв. Подстановка характерных значений β и Δ_i для области ядер редких земель дает $g_R \approx 0,3 + 0,35$, что хорошо согласуется с экспериментом при малых моментах ядра l . Из-за различия в величине Δ для нейтронов и протонов скачкообразное исчезновение Δ под влиянием вращения происходит сначала для нейтронов, а затем уже и для протонов. При этом надо учесть, что в точке $l_{кр} = 12 + 16$ (точка обращения Δ_N в ноль) первоначальная величина Δ_Z уже уменьшена из-за действия Кориолисовых сил по крайней мере на 40% [3]. Легко убедиться, что при этом с увеличением l происходит сначала незначительное уменьшение гиромагнитного отношения до величины $g \approx 0,28$, а при полном исчезновении Δ_Z — увеличение до $g_R = Z/A = 0,4$. Таким образом, в этом случае гиромагнитное отношение при увеличении момента и в точках фазового перехода меняется весьма слабо.

Совершенно другая ситуация имеет место, когда ОИ связан с эффектом разрыва пары и выстраиванием моментов частиц вдоль l под влиянием вращения. В этом случае момент количества движения l и магнитный момент состоят из двух частей — коллективной и квазичастичной, отвечающей моментам частиц разорванной пары. Когда коллектив-

ный и квазичастичный магнитные моменты имеют различные знаки, возможно сильное уменьшение суммарного магнитного момента, а в случае одинаковых знаков — сильное увеличение g . Разрыв пары энергетически выгоден в состоянии с большим моментом $j \gg l$. По-видимому, в районе $A \sim 150 + 190$, $N \sim 90 + 106$ происходит разрыв нейтронной пары на уровне $i_{13/2}$, а в области $A \sim 126$ происходит разрыв пары на уровне $\bar{h}_{11/2}$. Расчет ОИ в общем виде очень труден из-за невозможности совместного аналитического рассмотрения вращения, парной корреляции и деформированного самосогласованного поля. Поэтому рассмотрим простую модель [4], содержащую все характерные особенности ОИ: ядерный остов, вращающийся с моментом \bar{K} и имеющий момент инерции I , и вырожденный j -уровень с двумя (или несколькими) нуклонами, моделирующими пару частиц с моментом \bar{K} (максимально возможный момент $K_{max} = 2j - 1$). В этом случае гиромагнитное отношение

$$g = g_R + (g_p - g_R) \frac{K}{I}, \quad (1)$$

где квазичастичное гиромагнитное отношение $g_p = g_l \pm \frac{g_s - g_l}{2l + 1}$ для

$j = l \pm 1/2$, а g_R — обычное коллективное гиромагнитное отношение. Для протонов $g_l = 1$, $g_s = 5,586$; для нейтронов $g_l = 0$, $g_s = -3,83$. Обратный изгиб возникает при пересечении уровней основной ротационной полосы с $K = 0$ и энергией $E_0(1)$ и уровней двухквазичастичной полосы с $K = K_{max} = 2j - 1$ и энергией $E_K(l)$ при некотором l_{oK} .

В точке пересечения гиромагнитное отношение будет скачком меняться от величины g_R ($K = 0$) до g , даваемой формулой (1) с $K = K_{max} = 2j - 1$. Из формулы (1) следует, что сильное изменение g возможно вблизи точки ОИ для пары на уровне с $j = l + 1/2$, тогда как для пары на уровне $j = l - 1/2$ изменение g мало ($j \gg 1$). При этом в случае разрыва нейтронной пары сильно уменьшается и даже может принимать отрицательные значения, а в случае протонной пары наоборот — сильно увеличивается.

В действительности всегда имеется взаимодействие между уровнями и возникает их "квазипересечение". В результате волновая функция $ugst$ -состояний представляет собою суперпозицию состояния без разорванной пары и с разорванной парой. В этом случае выражение для g имеет вид (2)

$$g = g_R + b_l^2 (g_p - g_R) \frac{K}{I}, \quad (2)$$

где b_l^2 — квадрат амплитуды примесного состояния, который определяется из формул для волновых функций двух пересекающихся уровней.

$$b_l^2 = \frac{[\sqrt{1 + a^2} + \text{sgn}(E_0 - E_k)]^2}{a^2 + [\sqrt{1 + a^2} + \text{sgn}(E_0 - E_k)]^2} \quad (3)$$

Величина $\alpha = 2JV_{12}/(2j-1)(I_{ok}-I)$, а взаимодействие имеет Кориолисов вид $V_{12} = -(2j-1)Ix/2J$ с произвольным параметром x , который учитывает наличие деформации в ядре. В таблице приведены вычисленные в формуле (2) гиромагнитные отношения как функции I для разных значений параметра x для нейтронной пары на уровне $i_{13/2}$ и протонной пары на уровне $h_{11/2}$. Величина $x = 0$ соответствует невзаимодействующим уровням. Для реальных ядер, имеющих ОИ, значения x лежат в интервале $0,2 \leq x \leq 0,5$, а при $x \rightarrow 1$ уровни сильно перемешаны и ОИ исчезает.

l_j, N_j	$\frac{I}{x}$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$i_{13/2} N$	0	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	-0,15	-0,10	-0,06
	0,2	0,30	0,30	0,29	0,26	0,20	0,0	-0,10	-0,10	-0,04	-0,04
	0,5	0,30	0,27	0,23	0,17	0,08	0,0	-0,02	-0,02	-0,01	+0,01
	1,0	0,26	0,25	0,13	0,06	0,01	0,0	0,01	0,02	0,04	0,06
$h_{11/2} Z$	0,2	0,44	0,46	0,50	0,61	1,19	1,46	1,38	1,32	1,2	1,16
	0,5	0,47	0,53	0,69	0,72	1,2	1,25	1,25	1,2	1,1	1,08

Таким образом, если причина ОИ вызвана квазипересечением с уровнем разорванной пары с большим моментом, то в этом случае происходит сильное изменение гиромагнитного отношения (если $j = l + 1/2$).

В настоящее время имеются только измерения усредненного значения g в интервале $8 \leq I \leq 16$ $\bar{g}(^{168}\text{Hf}) = 0,07 \pm 0,04$ и $\bar{g}(^{172}\text{Hf}) = 0,14 \pm 0,0$ [5]. Такое сильное уменьшение g , по-видимому, свидетельствует в пользу разрыва нейтронной пары на уровне $i_{13/2}$, как причины ОИ в области редких земель. Кроме того, изменение величины гиромагнитного отношения позволяет выяснить изотопическую природу разрываемой пары и момент уровня, на котором она находится (из-за разного поведения на уровнях с $j = l \pm 1/2$). Более точное экспериментальное изучение для каждого I (как для ядер имеющих ОИ, так и не имеющих ОИ) очень желательно, так как позволит выяснить вопрос о смешивании уровней.

Институт атомной энергии
им. И.В.Курчатова

Поступила в редакцию
27 мая 1975 г.

Литература

- [1] Ю.Т.Гринь. Письма в ЖЭТФ, 20, 507, 1974.
- [2] А.Б.Мигдал. ЖЭТФ, 37, 249, 1959.
- [3] Ю.Т.Гринь. ЖЭТФ, 41, 445, 1961.
- [4] J.Krumlinde, Z.Szymanski. Nucl. Phys., A221, 93, 1974.
- [5] B.Skaali, R.Kalish, J.Eriksen, B.Herskind. Nucl. Phys., A238, 159, 1975.