

ПОЛОЖЕНИЕ ГАМОВ — ТЕЛЛЕРОВСКОГО РЕЗОНАНСА И ПРОБЛЕМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВИГНЕРОВСКОЙ $SU(4)$ -СИММЕТРИИ

Ю.В.Гапонов¹⁾, Ю.С.Лютостанский²⁾, В.Г.Александркин²⁾

Из сравнения новых экспериментальных и рассчитанных по теории конечных ферми-систем энергий гамов — теллеровского резонанса показано, что константы изоспинового и спин-изоспинового локального взаимодействия близки. Это отвечает гипотезе восстановления $SU(4)$ -симметрии в заряженной ветви возбуждения.

Экспериментальные исследования гамов — теллеровского (спин-флип) резонанса (ГТР), проведенные недавно в (p, n) -реакции, показывают тенденцию сближения этого резонанса с аналоговым резонансом (АР) с ростом массового числа A и нейтронного избытка $N - Z$ [1, 2]. Теоретически такое поведение ГТР было предсказано нами еще в 1973—74 годах [3, 4] и связывалось с эффективным подавлением спин-орбитального взаимодействия спин-спиновым, пропорциональным $N - Z$, в заряженном $p\bar{n}$ -канале. Представление о таком механизме привело нас, в частности, к первой формулировке гипотезы о восстановлении вигнеровской $SU(4)$ -симметрии в тяжелых ядрах [3], подтвержденной недавно исследованием массовых соотношений ядер в рамках этой симметрии [5].

Следует, однако, подчеркнуть, что, наряду с эффективным подавлением спин-орбитального взаимодействия в заряженном канале, в схеме $SU(4)$ -симметрии должны также реализоваться дополнительные соотношения между константами эффективного взаимодействия квазичастиц. Так в теории конечных ферми-систем (ТКФС), $SU(4)$ -инвариантное локальное взаимодействие должно иметь вид

$$P^{\omega} = f_0 + f'_0 [\vec{r}_1 \vec{r}_2 + \vec{\sigma}_1 \vec{\sigma}_2 + (\vec{r}_1 \vec{r}_2) (\vec{\sigma}_1 \vec{\sigma}_2)] \quad (1)$$

так что для спиновой — g_0 , изоспиновой — f'_0 и спин-изоспиновой — g'_0 констант должны существовать соотношения:

$$g_0 = f'_0, \quad g'_0 = f_0. \quad (2)$$

Открытие и экспериментальное изучение ГТР, который как и АР отвечает заряженной ветви возбуждения, позволяет проверить как факт подавления спин-орбитального взаимодействия с ростом $N - Z$ в заряженном канале, так и степень выполнения второго из соотношений (2).

¹⁾Институт атомной энергии им. И.В.Курчатова.

²⁾Московский инженерно-физический институт.

Действительно, в квазиклассической модели [6], положение ГТР относительно АР определяется соотношением (при $\Delta\epsilon_F \geq 2\bar{E}_{ls}$):

$$E_{ГТР} - E_{АР} \approx (g'_0 - f'_0) \Delta\epsilon_F + \frac{2}{3} \frac{1 + \frac{2}{3} g'_0}{g'_0} \frac{E_{ls}^2}{\Delta\epsilon_F}, \quad (3)$$

где $\Delta\epsilon_F \approx \frac{4}{3} \epsilon_F \frac{N-Z}{A}$ — энергетическая ширина слоя избыточных нейтронов, а \bar{E}_{ls} — средняя энергия спин-орбитального расщепления по этим нейтронам:

$$\bar{E}_{ls} \approx \frac{\sum_{\lambda\lambda'} \left(E_{\lambda'}^{l-\frac{1}{2}} - E_{\lambda}^{l+\frac{1}{2}} \right) n_{\lambda'}^n (1 - n_{\lambda}^p)}{\sum_{\lambda\lambda'} n_{\lambda'}^n (1 - n_{\lambda}^p)} \quad (4)$$

($n_{\lambda}^n, n_{\lambda}^p$ — числа заполнения нейтронов и протонов $E_{\lambda}^{l \pm \frac{1}{2}}$ — энергии компонент спин-орбитальных дублетов). Вклад в (3) поправок, учитывающих одномезонные обмены мал ($\Delta E_{ГТР}^{\pi, \rho} \sim 0,5 + 1,0$ МэВ), поскольку ГТР максимально проявляется в реакциях перезарядки при малом переданном импульсе $q \sim 0$.

Как видно из (3), сближение ГТР и АР с ростом $N-Z$ может быть обусловлено: либо (а) — линейным по $N-Z$ слагаемым при $g'_0 < f'_0$, либо (б) — спин-орбитальными поправками пропорциональными $(N-Z)^{-1}$ при $g'_0 \approx f'_0$, либо комбинацией этих факторов.

Экспериментальные данные по разностям $E_{ГТР} - E_{АР}$ были недавно систематизированы Хореном и др. [7]. Аппроксимируя данные линейной зависимостью от $(N-Z)/A$

$$E_{ГТР} - E_{АР} = -30,0 (N-Z)/A + 6,7 \text{ (МэВ)} \quad (5)$$

авторы, фактически, априори использовали предположение (а). Ясно, что такая аппроксимация будет давать резко завышенные значения разности констант $f'_0 - g'_0$ и, по-существу, игнорирует эффект подавления спин-орбитального взаимодействия.

Для выяснения степени близости констант f'_0 и g'_0 мы произвели, во-первых, численные расчеты $E_{ГТР}$ по ТКФС с одночастичным потенциалом Вудса — Саксона и с самосогласованием по константе f'_0 (методика таких расчетов изложена, например, в [6]) и, во-вторых, расчеты по квазиклассической модели, частным приближением которой является (3). Результаты собраны в таблицу.

Расчеты показывают, что в отличие от аппроксимации (5), те же экспериментальные данные хорошо объясняются в рамках предположения (б). Универсальное по ядрам отношение констант близко к значению:

$$g'_0/f'_0 = 0,93 + 0,94 \quad (5)$$

т. е. приближается к соотношению вигнеровской схемы (2). При этом, главной причиной сближения ГТР и АР является эффективное подавление спин-орбитального взаимодействия.

Энергии гамов – теллеровского резонанса в МэВ,
рассчитанные по ТКФС в различных методиках

Конечное ядро	Квазиклассическая модель		Самосогласование по константе f_0^*		Эксперимент	
	$E_{ГТР}$	g_0^*/f_0^*	$E_{ГТР}$	g_0^*/f_0^*	$E_{ГТР}$	$E_{АР}$
^{90}Nb	10,3	0,926	8,2	0,938	8,7	5,1
^{92}Nb	13,5	0,926	—	—	12,4	9,3
^{94}Nb	13,4	0,926	—	—	12,3	10,1
^{112}Sb	10,4	0,926	10,1	0,938	10,0	7,1
^{120}Sb	11,9	0,926	12,1	0,938	12,3	10,2
^{124}Sb	13,7	0,926	14,3	0,938	13,1	12,1
^{208}Bi	15,7	0,926	15,3	0,938	15,6	15,2

Таким образом, полученные оценки подтверждают гипотезу восстановления нарушенной $SU(4)$ -симметрии как в смысле близости констант f_0^* и g_0^* , так и в смысле механизма вырождения ГТР и АГ. Отметим, что критическим экспериментом для проверки близости констант явилось бы измерение ГТР и АР в ^{238}U .

Авторы благодарны И.С.Шапиро за полезные дискуссии.

Поступила в редакцию
29 июля 1981 г.

Литература

- [1] *Sterrenburg W. et. al.* International Conf. on Extreme States in Nuclear Systems, Dresden, Dec., 1979. Abstracts Zfk-404. Dresden 1980. p.87.
- [2] Indiana University Cyclotron Facility Scientific and Technical Report 1979, IUCF-1979, Indiana, USA, pp. 27 — 46. Proc. of International Conf. on Nuclear Physics, Aug. 1980, Berkeley, California, USA
- [3] Гапонов Ю.В., Лютостанский Ю.С. Письма в ЖЭТФ, 1973, 18, 130.
- [4] Гапонов, Ю.В., Лютостанский Ю.С. ЯФ, 1974, 19, 62.
- [5] Гапонов Ю.В., Григорьян Ю.И., Лютостанский Ю.С. ЯФ, 1980, 31, 65.
- [6] Гапонов Ю.В., Лютостанский Ю.С. ЭЧАЯ, 1981, 12, вып. 6.
- [7] *Horen D.J. et. al.* Phys. Lett., 1981, 99B, 383.