

Исследование механизма дипольных переходов со спином 1 в (Г,р)- и (Г,н)-реакциях на ядре ${}^4\text{He}$

В.Н.Гурьев

ИФВЭЯФ ННЦ ХФТИ, г. Харьков

Вопросы динамики $E1 \rightarrow {}^3P_1$, $M1 \rightarrow {}^3S_1$, 3D_1 – переходов в (γ,р)- и (γ,н)-реакциях на ядре ${}^4\text{He}$ в области гигантского резонанса и промежуточных энергий связаны с проблемой учета взаимодействия фотонов со спиновой частью ядерного тока и с оценкой поперечной контактной амплитуды [1]. Для анализа механизма этих переходов воспользуемся моделью прямого поглощения фотонов в двухкластерном (нуклон–ядро $A=3$) приближении, позволившей с учетом лишь взаимодействия фотона с конвективным ядерным током и магнитными моментами кластеров в нерелятивистском пределе успешно продвинуться в описании полных и дифференциальных сечений в реакциях с неполяризованными фотонами [2], а также объяснить величину асимметрии сечений $\Sigma(\theta, E_\gamma) \approx 1$ для реакций с линейно поляризованными фотонами в широком диапазоне энергий и углов [3].

Для оценки вкладов $E1 \rightarrow {}^3P_1$, $M1 \rightarrow {}^3S_1$, 3D_1 – переходов удобно исходить из t- и u-канальных полюсных матричных элементов в ковариантной форме (см., например, [1, 4]):

$$M^{(0)} = e\epsilon_\mu u(N)(Z_N + k_\gamma \kappa_N / 2m_N) \gamma_\mu [(k_N + m_N) / (t - m_N^2)] G^{(0)} \gamma_5 v(T); \quad (1)$$

$$M^{(u)} = e\epsilon_\mu u(N) G^{(u)} \gamma_5 [(k_T - m_T) / (u - m_T^2)] (Z_T + k_\gamma \kappa_T / 2m_T) \gamma_\mu v(T), \quad (2)$$

где $Z_{N(T)}$, $\kappa_{N(T)}$, $m_{N(T)}$, $k_{\gamma, N(T)}$, ϵ_μ – соответственно заряды, аномальные магнитные моменты, массы, матричная запись 4-импульсов фотона, $N(T)$ кластеров и вектор поляризации фотонов; $u(N)$ и $v(N)$ – биспиноры. В нерелятивистском пределе [2] форм-факторы $G^{(0)}(k^2)$ и $G^{(u)}(k^2)$ зависят от векторов $k_f = k - 3k_\gamma/4$ и $k_u = k + k_\gamma/4$, где k_γ и k – 3-импульсы фотона и конечной частицы в с.ц.м.

Переход к спиральному представлению матричных элементов в (1) и (2) с учетом связи их с электрическими и магнитными мультипольными амплитудами E_{ls} (с $l=J$) и $M_{\pm s}$ (с $J=\pm 1$, $s=1$) [5,6], где L, J, s – соответственно относительный орбитальный момент, полный момент, спин, позволил получить в нерелятивистском пределе в приближении $G^{(0)} \approx G^{(u)} = G(k^2)$ следующие соотношения для ${}^4\text{He}(\gamma, p) {}^3\text{H}$ реакции:

$$|M_{0+}/E_{10}|^2 = 3,07 E_\gamma^2 / m_N (E_\gamma E_0); \quad (3)$$

$$|E_{11}/M_{0+}|^2 = 1,53 (E_\gamma E_0) / m_N; \quad (4)$$

$$|M_{2-}/M_{0+}|^2 = (E_\gamma E_0) / 6\sqrt{2} m_N; \quad (5)$$

где E_0 – энергия порога реакции. Из (3–5) следует, что $|E_{10}| \gg |M_{0+}| > |E_{11}| > |M_{2-}|$.

Для сечения, параметризованного в виде

$$d\sigma/d\Omega = A [\sin^2\theta (1 + \beta \cos\theta + \gamma \cos^2\theta) + \epsilon \cos\theta + \delta], \quad (6)$$

получены $\epsilon_p \approx 0$ с вариацией $\delta_p \approx 0,27-0,22$ при $E_\gamma = 25-60$ МэВ. Завышенные оценки расчетных δ_p по сравнению с экспериментальными данными [7] свидетельствуют о необходимости включения механизма взаимодействия в конечном состоянии, что приведет к отличной от нуля величине $P_\gamma(\theta)$ – компоненты поляризации конечных частиц и к соответствующей корректировке соотношений (3–5).

Согласно проведенным оценкам в случае отсутствия аномального увеличения M_{2-} амплитуды имеет место $\Sigma(90^\circ) \approx 1/(1 + \delta_{p(m)})$, которое не зависит от величины отношения $|E_{11}|/|M_{0+}|$, весьма чувствительного к возможным проявлениям $S=1$ конфигураций в $J=1$ – резонансных состояниях ядра ${}^4\text{He}$ [8] и обменных мезонных токов (см., например, [9]). Для экспериментального определения соотношений парциальных сечений $\sigma(E1 \rightarrow {}^3P_1)$ и $\sigma(M1 \rightarrow {}^3S_1)$ необходимы измерения $P_\gamma(\theta, E_\gamma)$ – компоненты векторов поляризации конечных частиц для этих реакций [5].

Литература

1. Нагорный С.И. и др. ЯФ. 53, 365(1991).
2. Гурьев В.Н. ЯФ. 40, 16(1984).
3. Мельник Ю.П. Шебеко А.Е. Препринт ХФТИ 84-27. Москва, 1984.
4. Zayats A.A. et al. Preprint KFTI 91–4. Moscow, 1991.
5. Гурьев В.Н. Изв. АН СССР, сер. физ., 54, 89(1990).
6. Гурьев В.Н. Препринт ХФТИ 71-15, Харьков, 1971.

7. Винокуров Е.А. и др. ЯФ. 49, 1233(1989).
8. Гурьев В.Н. УФЖ. 20, 1993(1975).
9. Pitts W.K. Phys. Rev. C46, R15(1992).

Статья поступила: в редакцию 25 мая 1998г.,
в издательство 1 июня 1998г.