

ОЦЕНКА РЕЗОНАНСНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗОБАРЫ Δ_{33} НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПО ФОТОРОЖДЕНИЮ π^0 -МЕЗОНОВ НА ЯДРЕ ^{12}C

А.С. Белоусов, Я.А. Ваздик, Е.И. Малиновский, П.А. Смирнов, Ю.В. Соловьев,
С.В. Русаков, А.Р. Теркулов, А.П. Усик, А.М. Фоменко

Получена оценка резонансных параметров изобары Δ_{33} на основе данных о дифференциальных сечениях фоторождения π^0 -мезонов на ядре ^{12}C в области энергий 300 – 450 МэВ при угле вылета $\sim 8,8^\circ$ в с.ц.м. Получено указание на уменьшение ширины резонанса за счет взаимодействия Δ -изобары с ядром.

В конце 70-х – начале 80-х годов были разработаны изобарные модели упругого когерентного фоторождения π^0 -мезонов на ядрах в области резонанса Δ_{33} [1, 2]. Эти модели предсказывают изменение положения и ширины резонанса Δ_{33} за счет взаимодействия Δ -изобары с ядром. Ширину Δ -изобары можно записать в виде $3/\Gamma = \Gamma_0 - \Gamma_p + \Gamma_{el} + \Gamma_{in}$, где Γ_0 – ширина свободной изобары; Γ_p – уменьшение ширины, связанное с принципом Паули и эффектом связи Δ -изобары в ядре; Γ_{el} и Γ_{in} – увеличение ширины, связанное с упругим перерассеянием π^0 -мезонов в ядре и их двухнуклонным поглощением. В работе [4], однако, отмечалось, что при фоторождении пионов на ядрах, в отличие от упругого рассеяния пионов, не должно заметно проявляться изменение свойств Δ -изобары в связи с тем, что при фоторождении и рассеянии пионов возникают входные состояния с различной четностью. При этом взаимодействие изобары с ядром, при котором происходит упругое перерассеяние π^0 -мезона, должно быть подавлено. В то же время, это взаимодействие ответственно во многом за изменение параметров резонанса в рассеянии пионов. В данной работе сделана попытка, используя полученные ранее данные [5] по дифференциальным сечениям фоторождения π^0 -мезонов на ядре ^{12}C , оценить усредненные параметры изобар Δ^+ и Δ^0 . На рис. 1 приводятся использованные данные по дифференциальным сечениям для ядра ^{12}C в области энергий гамма-квантов 300 – 450 МэВ и для среднего угла вылета пионов $\sim 8,8^\circ$ в с.ц.м. Здесь же приводятся данные боннской группы [6] для среднего угла вылета мезонов $\sim 10^\circ$. Авторы этой работы аппроксимировали сечение резонансной формулой Брейта – Вигнера и пришли к выводу, что ширина резонанса увеличивается до 180 МэВ, а положение практически не меняется. В данном случае мы аппроксимировали наши данные выражением, полученным Царевым В.А. [7] для ядра со спином и изоспином нуль в рамках релятивизованного импульсного приближения с использованием диаграммной техники

$$d\sigma/d\Omega = (A^2/2) (g/k) |F_2^+|^2 R F^2(p) \sin^2 \Theta_\pi, \quad (1)$$

где A – массовое число; $R = (gk/g'k')^2 [1 + k(M_A - M_N)/M_A M_N]^2$ – фактор, учитывающий различие кинематики на ядре и нуклоне; M_N – масса нуклона; M_A – масса ядра; (g, k) и (g', k') – модули импульсов мезона и фотона в с.ц.м. мезон-ядро и мезон-нуклон соответственно; F_2^+ – спин-независимая изовекторная амплитуда фоторождения π^0 -мезонов на нуклонах [8]; $F(p)$ – форм-фактор ядра, p – переданный импульс, Θ_π – угол вылета мезона в с.ц.м. мезон-ядро. Считалось, что амплитуда F_2^+ совпадает с резонансной амплитудой $M_{1+}^{3/2}$ и описывается выражением [9]

$$M_{1+}^{3/2} = (\sqrt{3} \Gamma_\gamma(k) \Gamma_\pi(g) / 2\sqrt{kg} \Gamma(g)) \sin \varphi_R e^{i\varphi_R}. \quad (2)$$

Для резонансной фазы использовалась стандартная формула Брейта – Вигнера [10]

$$\varphi_R = \arctg [M_R \Gamma(g) / (M_R^2 - W^2)].$$

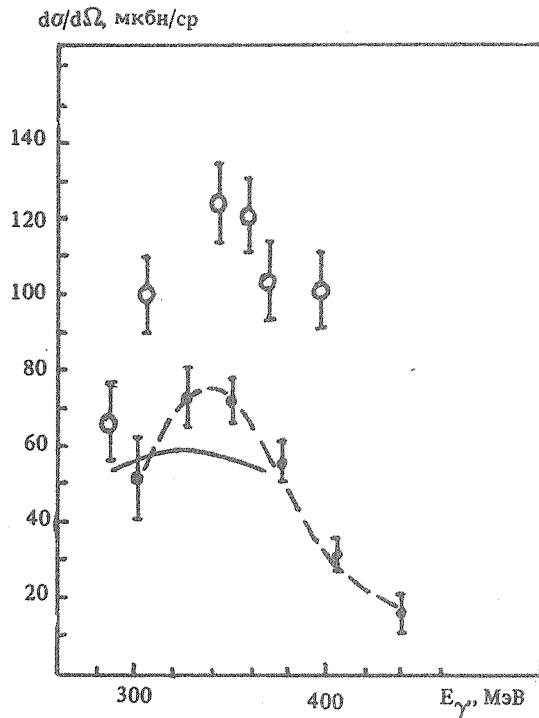


Рис. 1. Сечение фоторождения π^0 -мезонов на ядре ^{12}C в зависимости от энергии гамма-квантов в л.с. при среднем угле вылета мезона $\sim 8,8^\circ$ в с.д.м. Точки — экспериментальные данные работ /6/ $\bar{\Phi}$ ($\sim 10^0$ в с.д.м.) и /5/ $\bar{\Phi}$, сплошная линия — расчет по модели изобарных входных состояний /1/, пунктир — аппроксимация экспериментальных данных по формуле (1). Для амплитуды используется выражение (2).

Ширина распада резонанса по каналу $N\gamma$ (Γ_γ) и каналу $N\pi$ (Γ_π) и суммарная ширина Γ определялись по формулам /9/

$$\begin{aligned} \Gamma(g) &\approx \Gamma_\pi(g) = \Gamma_R^\pi (g/g_R)^3 (g_R^2 + Q^2)/(g^2 + Q^2), \\ \Gamma_\gamma(k) &= \Gamma_R^\gamma (k/k_R)^3 (k_R^2 + Q^2)/(k^2 + Q^2), \end{aligned} \quad (3)$$

где k , g — импульсы гамма-кванта и пиона в с.д.м. пион-нуклон, W — полная энергия в с.д.м. пион-нуклон, k_R , g_R — значения k и g при резонансной энергии. Параметр Q для Δ -резонанса равен 165 МэВ. Квадрат амплитуды, входящий в сечение (1), записывается, таким образом, в виде

$$|F_2^+|^2 \cong |M_{1+}^{3/2}|^2 \cong (3/4kg) (\Gamma_\gamma(k)/\Gamma_\pi(g)) \sin^2 \varphi_R.$$

Масса резонанса M_R и ширина Γ_R^π считались свободными параметрами. Свободным параметром заменялось также выражение $(3/4) (\Gamma_R^\gamma/\Gamma_R^\pi)$. Таким образом, не учитывался вклад нерезонансных амплитуд в амплитуду F_2^+ и вклад фоновых членов в резонансную амплитуду $M_{1+}^{3/2}$. В результате для резонансных параметров были получены следующие значения:

$$M_R = 1240,9 \pm 3,2 \text{ МэВ}, \quad \Gamma_R^\pi = 92,1 \pm 12,0 \text{ МэВ}.$$

Кривая, соответствующая данным значениям параметров, показана на рис. 1 пунктирной линией. Значение χ^2 на одну степень свободы составляло 1,08. Была сделана также попытка оценить резонансные параметры с учетом вклада в сечение неупругого фоторождения π^0 -мезонов. Оценка вклада неупругого фоторождения была сделана в соответствии с работой /11/. с учетом поглощения π^0 -мезонов. Полученные в этом случае параметры ($M_R = 1243 \pm 3,5$, $\Gamma_R^\pi = 83,3 \pm 13,1$ МэВ) мало отличались от полученных ранее, но χ^2 улучшался до $\sim 0,63$ на одну степень свободы. Отметим также, что использование для амплитуды стандартной

формулы Брейта — Вигнера, в которой ширина определяется выражением (3), улучшает χ^2 до величины $\sim 0,37$ на одну степень свободы и дает значения параметров $M_R = 1249,2 \pm 3,6$ и $\Gamma_R^\pi = 89,4 \pm 14,1$ МэВ. При фоторождении на ядрах π^0 -мезонов могут возникать, как уже говорилось, резонансные состояния Δ^+ и Δ^0 . Сравнивая полученные параметры резонанса с параметрами, взятыми, например, из обзора /12/ ($M_R^{\Delta^+}, \Delta^0 = 1231,2 \div 1234,9$ и $\Gamma_R^{\Delta^+}, \Delta^0 = 111 \div 131$ МэВ), можно, вероятно, говорить об указании на уменьшение ширины Δ -резонанса при его взаимодействии с ядром и о некотором увеличении его массы даже на том уровне точности, на котором получены данные оценки. Отметим, что эти выводы противоречат выводам работы боннской группы: /6/, сделанным на том же уровне точности. Наши оценки ширины Δ -изобары определяются в основном тем, что сечение быстро падает при энергии гамма-квантов больше ~ 400 МэВ. Подобное поведение упругого сечения фоторождения π^0 -мезонов на ядре ^{12}C было обнаружено и в работе ереванской группы /13/, где измерялось полное сечение упругого фоторождения. Данные же боннской группы обрываются на энергии ~ 400 МэВ и содержат большие ошибки. Все же надо отметить, что для более аккуратного определения влияния взаимодействия Δ -изобары с ядром на параметры резонанса надо иметь более точные экспериментальные данные о сечении при энергии ниже резонансной (≤ 300 МэВ), использовать более адекватную модель фоторождения, более корректно параметризовать амплитуду F_2^+ и использовать, кроме того, для определения параметров резонанса положение полюса амплитуды. Последнее связано с тем, что, как указывалось в работе /14/, при этом параметры резонанса меньше зависят от параметризации амплитуды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Saharia A. N., Woloshyn R. M. Phys. Rev., C23, N 1, 351 (1981).
2. Koch J. H., Moniz E. J. Phys. Rev., C27, N 2, 751 (1983).
3. Hirata M. Ann. Phys., 120, 205 (1979).
4. Oset E., Weise W. Phys. Lett., 94B, N 1, 19 (1980).
5. Белоусов А. С. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 9, 28 (1987).
6. Bellinghausen B. et al. Z. Phys., A309, N 1, 65 (1982).
7. Царев В. А. ЯФ, 5, в. 1, 167 (1967).
8. Chew G. F. et al. Phys. Rev., 106, N 6, 1345 (1957).
9. Мирошниченко И. И. и др. ЯФ, 29, в. 1, 188 (1979).
10. Review of particle properties. Rev. Mod. Phys., 48, N 2 (1976).
11. Engelbrecht C. A. Phys. Rev., 133, N 4B, 988 (1964).
12. Review of particle properties. Phys. Lett., 170B (1986).
13. Ананикян А. К. и др. ЯФ, 46, в. 2(8), 401 (1987).
14. Boll J. S. et al. Phys. Rev. Lett., 24, N 17, 1143 (1972).

Поступила в редакцию 15 марта 1988 г.