

Оценки абсолютных долей распадов $f_0(1710)$ и радиационных переходов $\psi(2S) \rightarrow \gamma f_0(1710)$ и $\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma f_0(1710)$

Н. Н. Ачасов¹⁾, Г. Н. Шестаков¹⁾

Лаборатория теоретической физики, Институт математики им. С. Л. Соболева Сибирского отделения РАН, 630090 Новосибирск, Россия

Поступила в редакцию 7 июля 2023 г.

После переработки 12 июля 2023 г.

Принята к публикации 22 августа 2023 г.

Используя результаты коллаборации VES для $Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710))$, мы оценили абсолютные доли распадов $f_0(1710)$ -резонанса на $\pi\pi$, $K\bar{K}$, $\eta\eta$ и впервые на $\omega\omega$ и $\omega\phi$. Кроме того, мы впервые оценили $Br(\psi(2S) \rightarrow \gamma f_0(1710)) \approx 3.5 \times 10^{-5}$ и $Br(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma f_0(1710)) \approx 1 \times 10^{-5}$.

DOI: 10.31857/S1234567823180015, EDN: wprjspm

Недавно на обновленной установке VES на ускорителе в Протвино была исследована реакция $\pi^- p \rightarrow \omega\phi n$ при импульсе $P_{\pi^-}^{\text{lab}} = 29$ ГэВ [1]. Проведенный анализ показал, что наблюдаемый сигнал в $\omega\phi$ -системе может быть описан вкладом известного скалярного резонанса $f_0(1710)$ [2]. Доминирующим механизмом реакции $\pi^- p \rightarrow f_0(1710)n$ при высоких энергиях и малых переданных импульсах является механизм однопионного обмена. Этот факт позволил авторам [1] найти величину произведения долей распадов $f_0(1710) \rightarrow \pi\pi$ и $f_0(1710) \rightarrow \omega\phi$:

$$Br(f_0(1710) \rightarrow \pi\pi)Br(f_0(1710) \rightarrow \omega\phi) = (4.8 \pm 1.2) \times 10^{-3}. \quad (1)$$

Затем, используя данные, указанные в Review of Particle Physics (RPP) [2] для распадов $J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\pi\pi$ и $J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\omega\phi$, они нашли произведение $Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\pi\pi)Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\omega\phi) = (9.5 \pm 2.6) \times 10^{-8}$, поделили его на свой результат (1), извлекли корень и таким образом получили полную долю распада $J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710)$ [1]:

$$\left[\frac{Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\pi\pi)Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\omega\phi)}{Br(f_0(1710) \rightarrow \pi\pi)Br(f_0(1710) \rightarrow \omega\phi)} \right]^{1/2} = \\ = Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710)) = (4.46 \pm 0.82) \times 10^{-3}. \quad (2)$$

Эту величину они сравнили с известной долей распада $J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow 5 \text{ channels}$, т.е. с $Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow (\gamma\pi\pi + \gamma K\bar{K} + \gamma\eta\eta + \gamma\omega\omega + \gamma\omega\phi)) = (2.13 \pm 0.18) \times 10^{-3}$ [2], и заключили, что на не зарегистрированные каналы приходится $Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow (\gamma 4\pi + \gamma\eta\eta' + \gamma\pi\pi K\bar{K} + \dots)) = (2.33 \pm 0.84) \times 10^{-3}$ [1].

Если поделить указанные в RPP [2] значения для долей распадов $J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\pi\pi, \gamma K\bar{K}, \gamma\eta\eta, \gamma\omega\omega, \gamma\omega\phi$ на величину $Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710))$ из формулы (1), то мы получим абсолютные доли соответствующих распадов для самого $f_0(1710)$ -резонанса. Эти оценки приведены в табл. 1.

Таблица 1. Доли распадов $f_0(1710)$

$\pi\pi$	$K\bar{K}$	$\eta\eta$	$\omega\omega$	$\omega\phi$	Сумма
0.0852 ± 0.0193	0.213 ± 0.045	0.054 ± 0.029	0.070 ± 0.026	0.056 ± 0.017	0.478 ± 0.065

Отметим, что факторизация эффективных констант рождения и распада $f_0(1710)$ -резонанса позволяет найти отношение $Br(f_0 \rightarrow \pi\pi)/Br(f_0 \rightarrow K\bar{K})$ из данных по радиационным распадам $J/\psi, \psi(2S)$ и $\Upsilon(1S)$ [2] тремя разными способами:

¹⁾e-mail: achasov@math.nsc.ru; shestako@math.nsc.ru

$$\frac{Br(f_0(1710) \rightarrow \pi\pi)}{Br(f_0(1710) \rightarrow K\bar{K})} = \frac{Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\pi\pi)}{Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma K\bar{K})} = 0.40 \pm 0.07, \quad (3)$$

$$\frac{Br(f_0(1710) \rightarrow \pi\pi)}{Br(f_0(1710) \rightarrow K\bar{K})} = \frac{Br(\psi(2S) \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\pi\pi)}{Br(\psi(2S) \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma K\bar{K})} = 0.58 \pm 0.11, \quad (4)$$

$$\frac{Br(f_0(1710) \rightarrow \pi\pi)}{Br(f_0(1710) \rightarrow K\bar{K})} = \frac{Br(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\pi\pi)}{Br(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma K\bar{K})} = 0.36 \pm 0.17. \quad (5)$$

Эти оценки в пределах ошибок согласуются друг с другом. Результат VES (см. (2)), факторизация и данные RPP [2] позволяют определить абсолютные доли радиационных распадов $\psi(2S) \rightarrow \gamma f_0(1710)$ и $\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma f_0(1710)$ двумя способами (используя данные о каналах $f_0(1710) \rightarrow \pi\pi$ и $f_0(1710) \rightarrow K\bar{K}$):

$$Br(\psi(2S) \rightarrow \gamma f_0(1710)) = \frac{Br(\psi(2S) \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\pi\pi)}{Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\pi\pi)} Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710)) = (4.1 \pm 1.2) \times 10^{-5}, \quad (6)$$

$$Br(\psi(2S) \rightarrow \gamma f_0(1710)) = \frac{Br(\psi(2S) \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma K\bar{K})}{Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma K\bar{K})} Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710)) = (3.1 \pm 0.7) \times 10^{-5}, \quad (7)$$

$$Br(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma f_0(1710)) = \frac{Br(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\pi\pi)}{Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma\pi\pi)} Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710)) = (0.93 \pm 0.27) \times 10^{-5}, \quad (8)$$

$$Br(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma f_0(1710)) = \frac{Br(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma K\bar{K})}{Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710) \rightarrow \gamma K\bar{K})} Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_0(1710)) = (1.03 \pm 0.19) \times 10^{-5}. \quad (9)$$

Свойства резонанса $f_0(1710)$ и его возможная природа уже несколько десятилетий являются предметом интенсивных дискуссий, см. обзоры [2, 3] и ссылки в них. На сегодняшний день численные оценки, указанные в табл. 1, представляют собой неплохое дополнение к имеющимся весьма скудным сведениям об абсолютных долях распада $f_0(1710)$, см. раздел в RPP [2], посвященный этому состоянию (существующие данные не используются Particle Data Group для нахождения средних или подгоночных значений, пределов и т.д.). Утверждения, подобные “seen”, в этом разделе могут быть заменены соответствующими значениями из табл. 1.

Подобный способ оценки абсолютных долей распадов может оказаться полезным и для других тяжелых скалярных (тензорных) многоканальных резонансов, например, для $f_0(1370)$, $f_0(1500)$, $f_0(1770)$ и $f_0(2020)$, которые могут рождаться как в πN -столкновениях за счет механизма однопионного обмена, так и в радиационных распадах J/ψ , $\psi(2S)$ и $\Upsilon(1S)$.

В недавней работе [4] мы обсуждали свойства нового мезона $a_0(1700/1800)$ [2], предполагая что он может быть похож на $q^2\bar{q}^2$ -состояние из MIT-мешка [5]. У этого a_0 -мезона должен быть изоскалярный партнер f_0 с близкой (или даже вырожденной) массой [5]. Доли распадов в табл. 1 помогут понять, может ли $f_0(1710)$ претендовать на эту роль. Этот вопрос будет рассмотрен отдельно.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института математики им. С. Л. Соболева СО РАН, проект # FWNF-2022-0021.

-
1. V. A. Dorofeev, D. R. Eremeev, V. G. Gotman et al. (VES Collaboration), arXiv:2306.07779.
 2. R. L. Workman, V. D. Burkett, V. Crede et al. (Particle Data Group), Prog. Theor. Exp. Phys. **2022**, 083C01 (2022) and 2023 update.
 3. E. Klempt and A. Zaitsev, Phys. Rep. **454**, 1 (2007).
 4. N. N. Achasov and G. N. Shestakov, Phys. Rev. D **108**, 036018 (2023).
 5. R. L. Jaffe, Phys. Rev. D **15**, 267 (1977).