

## 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. Ачасов<sup>1)</sup>, Г. Н. Шестаков<sup>1)</sup>

*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: wpjspm

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  $f_0(1710) \rightarrow \omega\phi$ :

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

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]:

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

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             |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $0.0852 \pm 0.0193$ | $0.213 \pm 0.045$ | $0.054 \pm 0.029$ | $0.070 \pm 0.026$ | $0.056 \pm 0.017$ | $0.478 \pm 0.065$ |

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:

<sup>1)</sup>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  $\pi N$ -столкновениях за счет механизма однопионного обмена, так и в радиационных распадах  $J/\psi$ ,  $\psi(2S)$  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. Burket, 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).