

## ДВУХФОТОННЫЙ МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ СКАЛЯРНЫХ МЕЗОНОВ НА ВСТРЕЧНЫХ ПУЧКАХ

*М. К. Волков*<sup>1</sup>, *Э. А. Кураев*<sup>2</sup>, *Ю. М. Быстрицкий*<sup>3</sup>

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Вычислены сечения образования скалярных мезонов  $f_0(980)$ ,  $a_0(980)$  и  $\sigma(600)$  на встречных электрон-позитронных пучках. При этом использовались ширины двухфотонных распадов скалярных мезонов, полученные в модели Намбу–Иона-Лазинио с учетом кварковых и мезонных петель.

The cross sections of scalar mesons  $f_0(980)$ ,  $a_0(980)$  and  $\sigma(600)$  production in collision of electron and positron beams were calculated. The two-photon decays of the scalar mesons, obtained in the framework of the Nambu–Jona-Lasinio model, were used. The quark and meson loops were taken into account.

PACS: 13.66.Bc, 14.40.Cs

Природа скалярных мезонов, таких как  $f_0(980)$ ,  $a_0(980)$  и  $\sigma(600)$ , является предметом изучения физики элементарных частиц последних лет (см. [1] и ссылки в ней). В теоретическом описании их применяются совершенно различные подходы. В этих моделях использовались представления о скалярных мезонах как о кварк-антикварковых состояниях [1, 2], как о четырехкварковых состояниях [3, 4]. Также рассматривались модели, где эти мезоны представлялись как смесь кварк-антикварковых и четырехкварковых состояний [5]. Также рассматривалась модель, где для скалярных мезонов использовалась модель каонной молекулы [6, 7].

В этой работе мы использовали модель, где скалярные мезоны рассматриваются как кварк-антикварковые состояния в рамках подхода Намбу–Иона-Лазинио (НИЛ). В этой модели были приняты во внимание как кварковые, так и мезонные петли [1, 2].

Со скалярными мезонами, имеющими квантовые числа вакуума, такими как  $\sigma$ -мезон, имеется ряд аномальных физических явлений, не получивших на настоящий момент адекватного объяснения, например, отношение выхода  $K^-$ - и  $\pi^-$ -мезонов в аннигиляции протонов и антипротонов в  $^3S_1$ - и  $^3P_0$ -состояниях. Именно в  $^3S_1$  состоянии исходной протон-антипротонной пары выход  $K^-$ - и  $\pi^-$ -мезонов сравним друг с другом, а в  $^3P_0$ -состоянии этот выход отличается на порядки [8–10].

Целью настоящей работы является указание возможности получения значительных статистик образования скалярных мезонов в опытах на встречных электрон-позитронных

---

<sup>1</sup>E-mail: volkov@theor.jinr.ru

<sup>2</sup>E-mail: kuraev@theor.jinr.ru

<sup>3</sup>E-mail: bystr@theor.jinr.ru

пучках. Действительно, используя вычисленные [1] или экспериментально наблюдаемые [11] ширины двухфотонных распадов скалярных мезонов, с помощью формулы Бродского–Киношита–Теразавы находим [12]:

$$\sigma_S = \frac{8\alpha^2\Gamma_S}{M_S^3} \ln^2\left(\frac{s}{m_e^2}\right) f\left(\frac{M_S^2}{s}\right),$$

$$f(z) = (2+z)^2 \ln\left(\frac{1}{z}\right) - 2(1-z)(3+z),$$
(1)

где  $\Gamma_S$ ,  $M_S$  — ширина двухфотонного распада и масса скалярного мезона (например,  $f_0$ ,  $a_0$  или  $\sigma$ );  $s$  — инвариантная масса начальной электрон-позитронной пары.

Сечения, вычисленные по этой формуле для образования  $f_0$ ,  $a_0$  и  $\sigma$ , приведены на графиках рис. 1, 2. Видно, что в области энергий от  $3 < \sqrt{s} < 10$  ГэВ сечения имеют порядок нескольких нанобарн. Таким образом, установки со светимостью  $L \sim 10^{33-34} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  (BES, Пекин; CLOE, Фраскати; VEPP-2, Новосибирск) могут рассматриваться как фабрики скалярных и псевдоскалярных мезонов с выходом порядка  $10^3-10^4$  мезонов/сут.

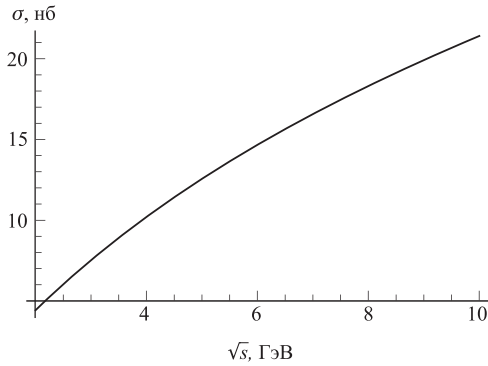


Рис. 1. Полное сечение рождения мезона  $\sigma(600)$  в электрон-позитронных столкновениях как функция от полной энергии  $s$

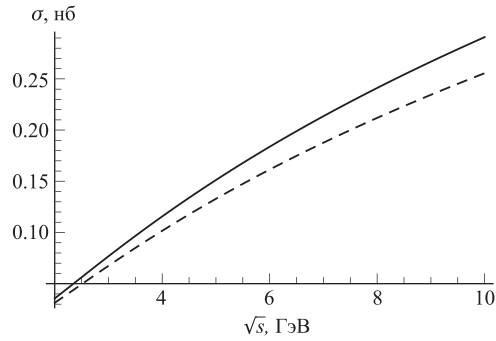


Рис. 2. Полное сечение рождения мезона  $f_0(980)$  (сплошная линия) и мезона  $a_0(980)$  (штриховая) в электрон-позитронных столкновениях как функция от полной энергии  $s$

Заметим, что этот механизм является доминирующим при образовании скалярных мезонов на электрон-позитронном коллайдере. Рождение мезонов по аннигиляционному механизму подавлено фактором  $(m_e^2 M_S^2 / s^2)$ .

На указанных выше установках могли бы быть протестированы различные модели, описывающие природу скалярных и псевдоскалярных мезонов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Volkov M. K., Bystritskiy Yu. M., Kuraev E. A.  $2\gamma$ -decays of Scalar Mesons ( $\sigma(600)$ ,  $f_0(980)$  and  $a_0(980)$ ) in the Nambu–Jona-Lasinio Model. hep-ph/0901.1981. 2009.

2. Volkov M. K., Bystritskiy Yu. M., Kuraev E. A. Radiative Decays of Scalar Mesons  $f_0(980)$  and  $a_0(980)$  into  $\rho(\omega)\gamma$  in the Local Nambu–Jona-Lasinio Model. hep-ph/0811.3773. 2008.
3. Achasov N. N., Ivanchenko V. N. On a Search for Four Quark States in Radiative Decays of Phi Meson // Nucl. Phys. B. 1989. V. 315. P. 465.
4. Achasov N. N., Kiselev A. V., Shestakov G. N. Theory of Scalars // Nucl. Phys. Proc. Suppl. 2008. V. 181–182. P. 169–174.
5. Gerasimov S. B. On Radiative Widths and a Pattern of Quark Diquark Gluon Configuration Mixing in Low-Lying Scalar Mesons. hep-ph/0311080. 2003.
6. Weinstein J. D., Isgur N.  $K\bar{K}$  Molecules // Phys. Rev. D. 1990. V. 41. P. 2236.
7. Branz T., Gutsche T., Lyubovitskij V. E. Strong and Radiative Decays of the Scalars  $f_0(980)$  and  $a_0(980)$  in a Hadronic Molecule Approach // Phys. Rev. D. 2008. V. 78. P. 114004.
8. Batty C. J. Anti-Protonic Hydrogen Atoms // Rep. Prog. Phys. 1989. V. 52. P. 1165–1216.
9. Batty C. J.  $S$ - and  $P$ -state Annihilation in  $p\bar{p}$  Interactions at Rest // Nucl. Phys. A. 1996. V. 601. P. 425–444.
10. Batty C. J. Two-Body Branching Ratios: An Experimental Review // Nucl. Phys. A. 1999. V. 655. P. 203–212.
11. Amsler C. et al. Review of Particle Physics // Phys. Lett. B. 2008. V. 667. P. 1.
12. Brodsky S. J., Kinoshita T., Terazawa H. Dominant Colliding Beam Cross-Sections at High-Energies // Phys. Rev. Lett. 1970. V. 25. P. 972–975.

Получено 15 мая 2009 г.