

УДК 539.126, 539.12.01

## ПАРНОЕ РОЖДЕНИЕ ВС-МЕЗОНОВ В РАСПАДЕ ХИГГСОВСКОГО БОЗОНА

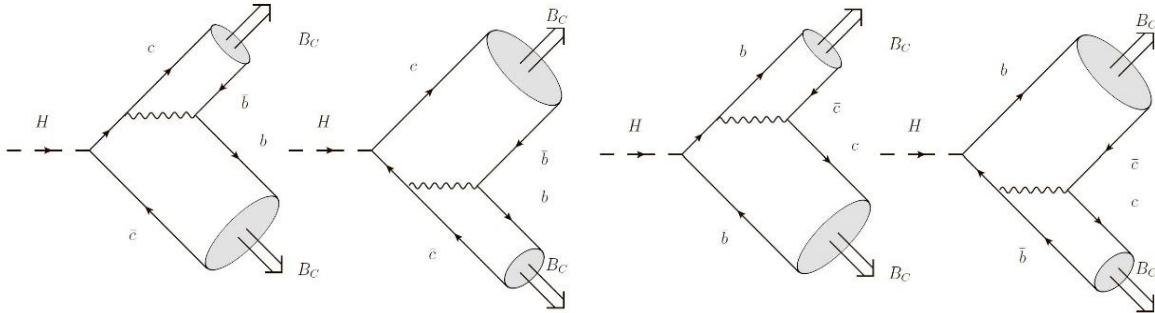
© Мартыненко Ф.А.

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: f.a.martynenko@gmail.com

Процессы рождения тяжелых кваркониев в различных реакциях представляют значительный интерес, поскольку позволяют осуществить проверку базовых теоретических моделей рождения связанных состояний тяжелых кварков, разработанных на основе КХД [1–3].

В данной работе выполнено исследование процесса парного рождения  $B_c$ -мезонов в распадах хиггсовского бозона в рамках квазипотенциального метода в квантовой хромодинамике и релятивистской кварковой модели [4–5].



Наше исследование процессов распада хиггсовского бозона включает построение релятивистских амплитуд рождения пары скалярных и векторных состояний  $B_c$ -мезонов  $(bc), (\bar{b}c)$ . При расчете релятивистских эффектов точно учитывалась зависимость от относительных импульсов кварков в мезонах.

Имеется 2 типа амплитуд. В первом хиггсовский бозон рождает вначале пару  $c$  кварков, во втором вначале рождается пара  $b$  кварков. Амплитуды имеют следующую общую структуру

$$M_1^{PP} = \frac{16\pi\alpha_s(4m_2^2)\Gamma_{Hcc}}{3\eta_1^3 M_H^4} \int \frac{dp}{(2\pi)^3} \frac{dq}{(2\pi)^3} \psi_0^{Bc}(p) \psi_0^{Bc}(q) \times$$

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{\varepsilon_1(p)}{m_1} \frac{\varepsilon_1(p)}{2m_1} + m_1}} \frac{1}{\sqrt{\frac{\varepsilon_2(p)}{m_2} \frac{\varepsilon_2(p)}{2m_2} + m_2}} \frac{1}{\sqrt{\frac{\varepsilon_1(q)}{m_1} \frac{\varepsilon_1(q)}{2m_1} + m_1}} \frac{1}{\sqrt{\frac{\varepsilon_2(q)}{m_2} \frac{\varepsilon_2(q)}{2m_2} + m_2}} \times$$

$$Sp \left\{ \left( \frac{v_1 - 1}{2} + v_1 \frac{p^2}{2m_2(\varepsilon_2(p) - m_2)} - \frac{p}{2m_2} \right) \frac{\gamma_5(v_1 + 1)}{2\sqrt{2}} \times \right.$$

$$\left. \left( \frac{v_1 + 1}{2} + v_1 \frac{p^2}{2m_1(\varepsilon_1(p) - m_1)} + \frac{p}{2m_1} \right) (\gamma_\mu(r - q_1 + m_1) + (-r + p_1 + m_1)\gamma_\mu) \times \right.$$

$$\left. \left( \frac{v_2 - 1}{2} + v_2 \frac{q^2}{2m_1(\varepsilon_1(p) - m_1)} + \frac{q}{2m_1} \right) \frac{\gamma_5(v_2 + 1)}{2\sqrt{2}} \left( \frac{v_2 + 1}{2} + v_2 \frac{q^2}{2m_2(\varepsilon_2(p) - m_2)} - \frac{q}{2m_2} \right) \gamma_\mu \right\}$$

$$M_2^{PP} = \frac{16\pi\alpha_s(4m_1^2)\Gamma_{Hbb}}{3\eta_2^3 M_H^4} \int \frac{dp}{(2\pi)^3} \frac{dq}{(2\pi)^3} \psi_0^{Bc}(p) \psi_0^{Bc}(q) \times$$

$$\begin{aligned} & \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_1(p)} \frac{1}{\varepsilon_1(p)+m_1}} \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_2(p)} \frac{1}{\varepsilon_2(p)+m_2}} \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_1(q)} \frac{1}{\varepsilon_1(q)+m_1}} \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_2(q)} \frac{1}{\varepsilon_2(q)+m_2}} \times \\ & Sp \left\{ \left( \frac{v_2-1}{2} + v_2 \frac{q^2}{2m_1(\varepsilon_1(p)-m_1)} + \frac{q}{2m_1} \right) \gamma_5 (v_2+1) \right. \times \\ & \left. \left( \frac{v_2+1}{2} + v_2 \frac{q^2}{2m_2(\varepsilon_2(p)-m_2)} - \frac{q}{2m_2} \right) (\gamma_\mu (r-p_2+m_2) + (-r+q_2+m_2) \gamma_\mu) \right. \times \\ & \left. \left( \frac{v_1-1}{2} + v_1 \frac{p^2}{2m_2(\varepsilon_2(p)-m_2)} - \frac{p}{2m_2} \right) \gamma_5 (v_1+1) \left( \frac{v_1+1}{2} + v_1 \frac{p^2}{2m_1(\varepsilon_1(p)-m_1)} + \frac{p}{2m_1} \right) \gamma_\mu \right\} \end{aligned}$$

где  $m_{1,2}$ -массы с и b кварков,  $p_{1,2}, q_{1,2}$  – 4-импульсы кварков,  $r$  – 4-импульс хиггсовского бозона. Константа взаимодействия хиггсовского бозона с двумя кварками выражается через

массу кварка и константу Ферми  $\Gamma_{Hqq} = m_q \left( \sqrt{2} G_F \right)^{-1} [6]$ . Коэффициенты  $\eta_{1,2} = \frac{M_{Bc}^2 \pm m_1^2}{2M_{Bc}^2} m_2^2$ .

Расчет следа от произведения матричных операторов и матриц Дирака в числителе амплитуды выполнен в пакете FORM. Расчет интегралов по относительным импульсам  $p$  и  $q$  при учете релятивистских эффектов выполнен в программе Mathematica.

### Библиографический список

1. Brambilla N. et al. Heavy quarkonium: progress, puzzles, and opportunities // The European Physical Journal. C. 2011. V. 71, № 2. P. 1–178.
2. Ebert D., Faustov R.N., Galkin V.O. Properties of heavy quarkonia and B c mesons in the relativistic quark model // Physical Review D. 2003. V. 67, № 1. P. 014027.
3. Bodwin G.T. et al. Relativistic corrections to Higgs boson decays to quarkonia // Physical Review D. 2014. V. 90, № 11. P. 113010.
4. Dorokhov A. E. et al. Photonic production of a pair of B c mesons // Physical Review D. 2020. V. 102. № 1. P. 016027.
5. Berezhnoy A.V. et al. Exclusive double Bc meson production from  $e^+ e^-$  annihilation into two virtual photons // Nuclear Physics A. 2019. V. 986. P. 34–47.
6. Particle Data Group et al. Review of particle physics // Progress of Theoretical and Experimental Physics. 2020. V. 2020, № 8. P. 083C01.