**Обнаружение распада** $B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ ρ^{+}(π^{+}π^{0})$

***Сальникова Марина Олеговна***

*Студентка*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*

*физический факультет, г. Москва, Россия*

*E–mail: marina.salnikova@cern.ch*

 Уникальное состояние, состоящее из двух тяжелых кварков разных ароматов ($\overbar{b}c$-кварков), называется $B\_{c}^{+}$-мезоном, открытое в эксперименте CDF на ускорителе Теватрон [1]. На Большом адронном коллайдере (БАК) сечение рождения b-кварка велико [2], что позволяет изучать распады b-адронов, в том числе и $B\_{c}^{+}$-мезоны. Распад этих мезонов происходит за счет слабого взаимодействия, когда один из двух тяжелых кварков распадается, а другой является кварком-спектратором, или путем аннигиляции $\overbar{b}c$-кварков в виртуальный $W^{+}$-бозон.

 Распад $B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ π^{+}π^{0}$ является одним из не зарегистрированных ранее распадов на чармоний, заряженный пион и π0-мезон в конечном состоянии. При этом ожидается, что промежуточное состояние (π+π0)-системы содержит преимущественно ρ+ компоненту [5].

 Данная работа посвящена первому обнаружению распада $B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ ρ^{+}(ρ^{+}\rightarrow π^{+}π^{0})$ и определению отношения парциальных ширин распадов:

$R≡\frac{B\_{B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ π^{+}π^{0}}}{B\_{B\_{ c }^{+}\rightarrow J/ψ π^{+}}}$,

теоретические предсказания которого варьируется от 2.5 до 5.7 [5]. Мода $B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ π^{+}$ является нормировочным каналом. Канал распада $B\_{ }^{+}\rightarrow J/ψ (K^{\*+}\rightarrow K^{+}π^{0})$ – контрольный, позволяющий учесть потенциальное смещение среднего значения массы и ширины пика. Изучение распада $B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ π^{+}π^{0}$ проводилось при помощи анализа данных, набранных в период с 2011 по 2018 гг., в протон-протонных столкновениях, соответствующих интегральной светимости 9 $фб^{-1}$ при энергии в системе центра масс 7,8 и 13 ТэВ в спектрометре LHCb.

 События сигнального, контрольного и нормировочного каналов реконструировались в канале распада $J/ ψ$ $\rightarrow μ^{+}μ^{-}$. Для первичного отбора данных ко всем каналам были применены одинаковые мягкие ограничения, аналогичные использованным в работе [3]. Дальнейшее их исследование проводилось с использованием методов машинного обучения. Реализация алгоритма выполнена при помощи использования метода градиентного ускоренного дерева решений (BDTG). Для обучения классификатора использовались данные математического моделирования, полученные методом Монте-Карло (МС) и реальные данные. На этом этапе заранее известна принадлежность событий к фоновой или сигнальной категории, что позволяет обучать классификатор. Далее, обученный классификатор применялся к исследуемым данным и формировалась переменная отклика, оптимальное ограничение на которую выбиралось исходя из требования получить наилучшую значимость сигнала.

 Для каналов $B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ π^{+}π^{0}$, $ B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ π^{+}$, $B\_{ }^{+}\rightarrow J/ψ\left(K^{\*+}\rightarrow K^{+}π^{0}\right) $были проведены путем подгонки распределений по инвариантной массе для всех отобранных кандидатов. Модель аппроксимации данных состоит из двух компонентов: сигнал и фон для каждого из рассмотренных распадов. Сигнальный компонент описывался модифицированной функцией Гаусса. Фоновый компонент моделировался полиномами положительной степени. Параметры подгонки данных $B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ π^{+}π^{0}$ параметризовывались следующим образом:

$m=δm\_{B}+m\_{B}$, $ σ=s\*σ\_{MC}$,

где $m\_{B}$-масса $B\_{c}^{+}$- мезона [4], $σ\_{MC}$ – параметр ширины, полученный из аппроксимации данных МС, $δm\_{B}$ – возможное массовое смещение, s – коэффициент, определяющий различие в массовом распределении данных и моделирования. Параметры $δm\_{B}$ и s определялись из анализа контрольного канала. Подгонка распределения по инвариантной массе для отобранных кандидатов из сигнального канала показана на рис.1. Выход событий составил N = 1080$\pm $58 (погрешность – статистическая) со значимостью 20.8$σ$.

 Распределение количества распадов $B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψπ^{+}π^{0} $ по инвариантной массе комбинации $π^{+}π^{0}$ после применения процедуры вычитания комбинаторного фона показано на рис.2. Полученное распределение имеет компонент, моделирующий распады с участием промежуточного резонанса $ ρ^{+}\rightarrow π^{+}π^{0}$. Данный компонент параметризовался с использованием функции Брейта-Вигнера. Как ожидалось, массовый спектр $π^{+}π^{0}$ содержит преимущественно резонансную компоненту.

Рис. 2. Массовое распределение $π^{+}π^{0}$ из $B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ π^{+}π^{0}$ .

З

Рис. 1. Массовое распределение $B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ π^{+}π^{0}$ кандидатов.

З

Заключение. В работе был впервые обнаружен распад $B\_{c}^{+}\rightarrow J/ψ π^{+}π^{0}$ и измерена его относительная вероятность:

$$R=2.798\pm 0.152\pm 0.115\pm 0.165,$$

где первая неопределённость – статистическая, вторая – систематическая, третья – связана с эффективностью регистрации фотонов, что согласуется с предсказаниями [5].

1. CDF collaboration, F. Abe et al., Observation of the Bc meson in pp collisions at √s =1.8 TeV, Phys. Rev. Lett. 81 (1998) 2432, arXiv:hep-ex/9805034.
2. LHCb collaboration, R. Aaij et al., Measurement of σ(pp→ bbX) at √s =7 TeV in the forward region, Phys. Lett. B694 (2010) 209, arXiv:1009.2731.
3. LHCb collaboration, R. Aaij et al., Evidence for the decay B + c → J/ψ3π +2π − , JHEP 05 (2014) 148, arXiv:1404.0287.
4. Particle Data Group, R. L. Workman et al., Review of particle physics, Prog. Theor. Exp. Phys. 2022 (2022) 083C01, and 2023 update.
5. A. K. Likhoded and A. V. Luchinsky, Light hadron production in Bc → J/ψ + X decays, Phys. Rev. D81 (2010) 014015, arXiv:0910.3089.