

УДК 530:001.92

## **РОЛЬ БАК В ИССЛЕДОВАНИИ СТРУКТУРЫ МАТЕРИИ**

**Сагадиев Азамат Серикжанович**

[sagadievazamat45@gmail.com](mailto:sagadievazamat45@gmail.com)

Студент 5 курса ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – Шаханова Г.А.

Большой адронный коллайдер (англ. Large Hadron Collider, LHC) - самый крупный в мире ускоритель заряженных частиц на встречных пучках, предназначенный для разгона протонов и тяжелых ионов и изучения продуктов их соударений. Он является не только самым крупным, но и самым мощным: пучки частиц сталкиваются в нем системой сверхпроводящих магнитов с невиданной прежде энергией в 14 тераэлектронвольт. Он построен в CERN, на границе Швейцарии и Франции. В строительстве и исследованиях задействовано более 10 тысяч ученых и инженеров из более чем ста стран. По состоянию на

2009 год, к моменту второго пуска LHC (первый закончился аварией), стоимость его строительства составила 6 млрд евро.

«Большим» назван из-за своих размеров: длина кольца ускорителя составляет 27 км; «адронным» - из-за того, что он ускоряет адроны (тяжелые частицы, состоящие из кварков); «коллайдером» (от англ. collider - «сталкиватель») - из-за того, что пучки частиц ускоряются в противоположных направлениях и сталкиваются в специальных точках столкновения.

Коллайдер имеет четыре точки пересечения, вокруг которых расположены семь детекторов, каждый из которых предназначен для определенных видов исследований. В LHC в основном, сталкиваются пучки протонов, но он также может использовать пучки тяжелых ионов: столкновения свинец-свинец и столкновения протон-свинец обычно проводятся в течение одного месяца в год. Цель экспериментов БАК проверка предсказаний различных теорий физики элементарных частиц, в том числе измерения свойств бозона Хиггса и поиск большого семейства новых частиц, предсказываемых суперсимметричными теориями, а также другие нерешенные вопросы физики, в частности строение материи.

В семи экспериментах на Большом адронном коллайдере (LHC) используются детекторы для анализа множества частиц, образующихся при столкновениях в ускорителе. Эти эксперименты проводятся коллективом ученых из институтов со всего мира. Каждый эксперимент отличается и характеризуется своими детекторами.

Самые большие из этих экспериментов, ATLAS и CMS, используют детекторы общего назначения для исследования самого большого возможного диапазона физики. Наличие двух независимо разработанных детекторов жизненно важно для перекрестного подтверждения любых новых открытий. ALICE и LHCb имеют детекторы, специально предназначенные для фокусирования на определенных явлениях. Эти четыре детектора находятся под землей в огромных пещерах на кольце LHC.

Самыми маленькими экспериментами на LHC являются TOTEM и LHCf, которые фокусируются на «прямых частицах» - протонах или тяжелых ионах, которые испытывают касательные столкновения друг с другом. В TOTEM используются детекторы, расположенные по обе стороны от точки взаимодействия CMS, в то время как LHCf состоит из двух детекторов, которые расположены вдоль линии луча LHC, на расстоянии 140 метров по обе стороны от точки столкновения ATLAS. MoEDAL использует детекторы, развернутые вблизи LHCb, для поиска гипотетической частицы, называемой магнитным монополюсом.

ATLAS, CMS, ALICE, LHCb - большие детекторы, расположенные вокруг точек столкновения пучков. Детекторы TOTEM и LHCf - вспомогательные, находятся на удалении в несколько десятков метров от точек пересечения пучков, занимаемых детекторами CMS и ATLAS соответственно, и будут использоваться попутно с основными.

Детекторы ATLAS и CMS - детекторы общего назначения, предназначены для поиска бозона Хиггса и «нестандартной физики», в частности темной материи, ALICE - для изучения кварк-глюонной связи в столкновениях тяжелых ионов свинца, LHCb - для исследования физики b-кварков, что позволит лучше понять различия между материей и антиматерией, TOTEM - предназначен для изучения рассеяния частиц на малые углы, таких что происходит при близких пролётах без столкновений (так называемые несталкивающиеся частицы, forward particles), что позволяет точнее измерить размер протонов, а также контролировать светимость коллайдера, и, наконец, LHCf - для исследования космических лучей, моделируемых с помощью тех же несталкивающихся частиц.

С работой БАК связан также седьмой, совсем незначительный в плане бюджета и сложности, детектор (эксперимент) MoEDAL, предназначенный для поиска медленно движущихся тяжелых частиц.

Во время работы коллайдера столкновения проводятся одновременно во всех четырех точках пересечения пучков, независимо от типа ускоряемых частиц (протоны или ядра). При этом все детекторы одновременно набирают статистику.

Благодаря большей энергии по сравнению с предшествовавшими коллайдерами, БАК позволил «заглянуть» в недоступную ранее область энергий и получить научные результаты, накладывающие ограничения на ряд теоретических моделей.

Краткий перечень научных результатов, полученных на коллайдере:

- открыт Бозон Хиггса, его масса определена как  $125,09 \pm 0,21$  ГэВ;
- при энергиях до 8 ТэВ изучены основные статистические характеристики протонных столкновений - количество рождённых адронов, их распределение по скорости, бозе-эйнштейновские корреляции мезонов, дальние угловые корреляции, вероятность остановки протона;
  - показано отсутствие асимметрии протонов и антипротонов;
  - обнаружены необычные корреляции протонов, вылетающих в существенно разных направлениях;
  - получены ограничения на возможные контактные взаимодействия кварков;
  - получены более веские, по сравнению с предыдущими экспериментами, признаки возникновения кварк-глюонной связи в ядерных столкновениях;
    - исследованы события рождения адронных струн;
    - подтверждено существование топ-кварка, ранее наблюдавшегося только на Тэватрон;
    - обнаружено два новых канала распада  $B_s$ -мезонов, получены оценки вероятностей сверхредких распадов  $B$ - и  $B_s$ -мезонов на мюон-антимюонные пары;
    - получены первые данные протон-ионных столкновений на рекордной энергии, обнаружены угловые корреляции, ранее наблюдавшиеся в протон-протонных столкновениях;
    - объявлено о наблюдении частицы  $Y(4041)$ , ранее наблюдавшейся лишь на Тэватрон в 2009 г.

#### **Вывод**

Эти результаты позволяют сделать вывод о том, что БАК позволяет заглянуть в строение материи, проверить правильность отдельных положений Стандартной модели, сделать отбор существующих моделей о взаимодействии адронов с ядрами, а в глобальном масштабе расширяет наши знания о происхождении Вселенной.

#### **Список использованных источников**

1. Дрёмин И.М. Физика на Большом адронном коллайдере // УФН: журнал. - 2009. - Т. 179, № 6.
2. Иванов И. Столкновение на встречных курсах // Вокруг света : журнал.- июль 2007.- Т. 7 . - стр.2802.