

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра ядерной физики

БУДКОВСКИЙ

Дмитрий Викторович

**ИЗМЕРЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННОСТИ РАЗЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В
КВАРКОВЫХ И ГЛЮОННЫХ СТРУЯХ И ДОЛИ ГЛЮОННЫХ
СТРУЙ В КАНАЛЕ «DIJET» ДЛЯ RUN-2 ЭКСПЕРИМЕНТА CMS НА
БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ**

Дипломная работа

Научный руководитель:

ведущий научный сотрудник лаборатории
физики высоких энергий ОИЯИ,
к. ф.-м. наук, доцент Шульга С. Г.

Допущен к защите:

«15» февраля 2020 г.

Зав. кафедрой ядерной физики

к. ф.-м. н., доцент Тимощенко А.И.

Минск, 2020

Оглавление

Перечень условных обозначений	3
Реферат	4
Резюме	5
Abstract	6
Введение	7
Глава 1 Адронные струи: теория и эксперимент	9
Раздел 1.1 Партонная модель	9
Раздел 1.2 Модели адронизации	10
Раздел 1.3 Адронные струи в данных и в Монте-Карло моделировании	12
Раздел 1.4 Из истории измерений свойств адронных струй	14
Раздел 1.5 Детектор CMS и регистрация струй	15
Глава 2 Измерение средней множественности разяженных частиц в струях в зависимости от среднего поперечного импульса струи	17
Раздел 2.1 Отбор событий	17
Раздел 2.2 Привязка треков к вершинам	18
Раздел 2.3 Измерение средней множественности заряженных частиц в струе	21
Глава 3 Измерение доли глюонных струй в выборках в зависимости от среднего поперечного импульса струи	27
Раздел 3.1 Кварк глюонный дискриминатор	27
Раздел 3.2 Измерение доли глюонных струй	28
Заключение	31
Список используемых источников	33

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 34 с., 15 рис., 2 табл., 19 источник.

Ключевые слова: адрон, струя, протон-протонное столкновение, большой адронный коллайдер, глюонная струя, компактный мюонный соленоид

Объектом исследования являются адронные струи, рожденные в протон-протонном соударении.

Предмет исследования - измерения свойств струй, отобранных детектором CMS в 2016 году при энергии столкновения 13 ТэВ с интегральной светимостью 36 фб^{-1} . Струи отбирались в событиях с двумя противоположно направленными струями (канал "dijet"). В исследовании использованы три выборки струй: из событий без дополнительных струй, из событий с одной или двумя дополнительными струями, и из событий, в которых более двух дополнительных струй. Выборки разделены на подвыборки струй в бинах по поперечному импульсу струи в интервале от 30 до 1000 ГэВ. Размер бинов - 30 ГэВ.

Цель работы - измерить среднюю зарядовую множественность и долю глюонных струй в выборках в зависимости от среднего поперечного импульса струи. Методика измерений, алгоритмы и программный код был разработана в группе CMS в ОИЯИ (Дубна) для данных Run-I (2012 г., формат данных AOD).

В дипломной работе выполнено измерение средней множественности заряженных частиц для струй с обрезанием низкоэнергетических треков (менее 500 МэВ). Выполнены поправки: (1) вычтен вклад "pile up" струй, (2) поправка на низкоэнергетические треки и треки вне треккера, (3) поправка средней энергии струи в бине, (4) поправка на потерянные и ложные треки. Основная неопределенность измерения средней зарядовой множественности в струе связана с последней поправкой. Второе измерение, выполненное в дипломной работе - измерение доли глюонных струй в тех же выборках. Для этого измерения используется кварк-глюонный дискриминатор (QGL), разработанный для CMS и включенный в формат miniAOD. Измерение выполнено методом фитирования QGL-распределения струй в данных линейной комбинацией QGL-распределений для кварковых и глюонных струй с одним параметром - долей глюонных струй в выборке. Для фитирования используется метод взвешенных наименьших квадратов. Кварковые и глюонные QGL-распределения получены с применением комбинации генераторов MadGraph5 + Pythia8. В дипломной работе показано, что независимые измерения средней множественности заряженных частиц в струе и доли глюонных струй качественно согласуются друг с другом для исследуемых выборок струй.

Измерения этих величин в двух выборках позволит в дальнейшем выполнить извлечение различных распределений и параметров распределений в кварковых и глюонных струях отдельно.

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца: 34 с., 15 мал., 2 табл., 19 крыніца.

Ключавыя словы: адрон, бруя, пратон-пратонныя сутыкненні, вялікі адронны калайдэр, глюонная бруя, кампактны Мюоны саленоід

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца адронныя бруі, народжаныя ў пратон-пратонным соударэнні.

Прадмет даследавання - вымярэння уласцівасцяў бруй, адабраных дэтэктарам CMS ў 2016 годзе пры энергіі сутыкнення 13 ТэВ з інтэгральнай свяцільнасцю 36 фб^{-1} . Бруі адбіраліся ў падзеях з двума процілегла накіраванымі бруямі (канал "dijet"). У даследаванні выкарыстаны тры выбаркі бруй: з падзеяў без дадатковых бруй, з падзеяў з адной або двума дадатковымі бруямі, і з падзеяў, у якіх больш за два дадатковыя бруі. Выбаркі падзеленыя на падвыборкі бруй ў бинах па папярочным імпульсу бруі ў інтэрвале ад 30 да 1000 ГэВ. Памер бинів - 30 ГэВ.

Мэта працы - вымераць сярэдняю множнасць зараджаных частіц і долю глюонных бруй ў выбарках ў залежнасці ад сярэдняга папярочнага імпульсу бруі. Методыка вымярэнняў, алгарытмы і праграмны код быў распрацаваны ў групе CMS ў АІЯД (Дубна) для дадзеных Run-I (2012, фармат дадзеных AOD).

У дыпломнай працы выканана вымярэнне сярэдняй множнасці зараджаных часціц для бруй з абразаннем нізкоэнергетычных трэкаў (менш за 500 МэВ). Выкананы папраўкі: (1) вылічаная ўклад "pile up" бруй, (2) папраўка на нізкаэнергетычных трэкі і трэкі па-за трекера, (3) папраўка сярэдняй энергіі бруі ў бине, (4) попраўка на страчаныя і ілжывыя трэкі. Асноўная нявызначанасць вымярэння сярэдняй зарадавай множнасці ў бруі звязана з апошняй папраўкай. Другое вымярэнне, выкананае ў дыпломнай працы - вымярэнне долі глюонных бруй ў тых жа выбарках. Для гэтага вымярэння выкарыстоўваецца кварк-глюонную дыскрымінатара (QGL), распрацаваны для CMS і ўключаны ў фармат miniAOD. Вымярэнне выканана метадам фіціравання QGL-размеркавання бруй ў дадзеных лінейнай камбінацыяй QGL-размеркаванняў для кварковую і глюонных бруй з адным параметрам - доляй глюонных бруй ў выбарцы. Для фіціравання выкарыстоўваецца метада ўзважаных найменшых квадратаў. Кварковую і глюонную QGL-размеркавання атрыманы з ужываннем камбінацыі генератараў MadGraph5 + Pythia8. У дыпломнай працы паказана, што незалежныя вымярэння сярэдняй множнасці зараджаных часціц у бруі і долі глюонных бруй якасна стасуюцца адзін з адным для доследных выбарак бруй.

Вымярэння гэтых велічынь у двух выбарках дазволіць у далейшым выканаць выманне розных размеркаванняў і параметраў размеркаванняў у кварковую і глюонных бруях паасобна.

ABSTRACT

Graduate work: 34 p., 15 fig., 2 tab., 19 source.

Keywords: hadron, jet, proton-proton collision, large hadron collider, gluon jet, compact muon solenoid

The object of research are hadron jets obtained in a proton-proton collision.

The subject of the study is the measurement of the properties of the jets selected by the CMS detector in 2016 at a collision energy of 13 TeV with an integrated luminosity of 36 fb^{-1} . The jets were selected in events with two oppositely directed jets (dijet channel). Three samples of jets were used in the study: from events without additional jets, from events with one or two additional jets, and from events with more than two additional jets. The samples are divided into subsamples of the jets in bins according to the transverse momentum of the jet in the range from 30 to 1000 GeV. The bin size is 30 GeV.

The aim of the study is to measure the average charge particle multiplicity and the fraction of gluon jets in the samples, depending on the average transverse momentum of the jet. The methodology of measurement, algorithms and program code were developed in the CMS group at JINR (Dubna) for Run-I data (2012, AOD data format).

In the graduate work, the average charged particles multiplicity was measured for jets with cutting off low-energy tracks (less than 500 MeV). The corrections were made: (1) the contribution of the pile up jets was subtracted, (2) the correction for low-energy tracks and tracks outside the tracker, (3) the correction of the average energy of the jet in the bin, (4) the correction for lost and false tracks. The main uncertainty in measuring the average charge multiplicity in a jet is associated with the last correction. The second measurement performed in the graduate work is the measurement of the proportion of gluon jets in the same samples. The quark-gluon discriminator (QGL) developed for CMS and included in the miniAOD format is used for this measurement. The measurement was performed by fitting the QGL distribution of jets in the data by a linear combination of QGL distributions for quark and gluon jets with one parameter — the fraction of gluon jets in the sample. For fitting, the method of weighted least squares is used. Quark and gluon QGL distributions were obtained using a combination of MadGraph5 + Pythia8 generators. In the graduate work, it was shown that independent measurements of the average charged particles multiplicity in the jet and the fraction of gluon jets are in qualitative agreement with each other for the studied samples of jets.

Measurement of these values in two samples will allow further extraction of various distributions and distribution parameters in quark and gluon jets separately. The work was carried out as part of the JINR Problem-thematic plan on the topic “CMS. Compact muon solenoid” and the plan of the SMP-HAD CMS collaboration group.