

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра ядерной физики

БУГАЕВСКАЯ Мария Павловна

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ РАДИАЦИОННЫХ ПОПРАВК К
НАБЛЮДАЕМЫМ ВЕЛИЧИНАМ ПРОЦЕССА ДРЕЛЛА-ЯНА
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТА CMS В РЕЖИМЕ RUN 3
БОЛЬШОГО АДРОННОГО КОЛЛАЙДЕРА**

Магистерская диссертация
специальность 1-31 80 05 «Физика»

Научный руководитель:
Владимир Александрович Зыкунов
доктор физико-математических наук,
доцент

Допущена к защите
«02» *сентября* 2021 г.

Зав. кафедрой ядерной физики
Тимошенко Андрей Игоревич
кандидат физико-математических наук,
доцент

Минск, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Перечень условных обозначений и сокращений	4
Введение	5
Общая характеристика работы	7
Глава 1 Обзор литературы.....	10
1.1 Большой адронный коллайдер.....	10
1.1.1 Детектор CMS	10
1.1.2 Основные результаты Run 1 и Run 2. Перспективы Run 3.....	11
1.2 Развитие теории радиационных поправок.....	12
1.2.1 Электрослабые поправки	13
1.2.2 КХД поправки	14
1.3 Выводы	14
Глава 2 Процесс Дрелла-Яна. Наблюдаемые величины	16
2.1 Процесс Дрелла-Яна	16
2.2 Борновское сечение процесса	19
2.3 Радиационные поправки.....	20
2.3.1 Вклад бозонных собственных энергий.....	21
2.3.2 Вклад вершинных диаграмм.....	22
2.3.3 Вклад диаграмм с двухбозонным обменом.....	23
2.3.4 Вклад тормозного излучения.....	26
2.3.5 Трижды дифференциальное сечение	28
2.4 Асимметрия вперед-назад. Система Коллинса-Сопера	30
2.5 Выводы	32
Глава 3 Численные оценки наблюдаемых величин в эксперименте CMS на БАК	33
3.1. Обзор современных программных комплексов.....	33
3.1.1 Программный комплекс FEWZ	33
3.1.2 Программный комплекс READY	34
3.2 Наборы функций распределения партонов	34
3.2.1 Коллаборация CTEQ. Наборы CTEQ и CT	34
3.2.2 Наборы MSTW, MRST и MMHT	35

3.3 Основные параметры для проведения расчетов	36
3.4 Анализ дифференциального сечения и асимметрии вперед-назад для энергии $\sqrt{S} = 7$ ТэВ	37
3.6 Анализ дифференциального сечения и асимметрии вперед-назад для энергии $\sqrt{S} = 14$ ТэВ	39
3.7 Выводы	42
Заключение	43
Список использованных источников	45

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Магистерская диссертация: 50 с., 16 рис., 70 ист.

АСИММЕТРИЯ ВПЕРЕД-НАЗАД, БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР, ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ, ПРОЦЕСС ДРЕЛЛА-ЯНА, ОДНОПЕТЛЕВЫЕ РАДИАЦИОННЫЕ ПОПРАВКИ, ЭКСПЕРИМЕНТ CMS, FEWZ, READY, RUN 3.

Объект исследования – процесс Дрелла-Яна.

Предмет исследования – наблюдаемые величины и однопетлевые радиационные поправки к наблюдаемым величинам.

Цель работы – используя программные комплексы FEWZ и READY, получить численные значения асимметрии вперед-назад и дифференциального сечения процесса Дрелла-Яна с учетом однопетлевых поправок в рамках эксперимента CMS на Большом адронном коллайдере при полной энергии коллайдера $\sqrt{S} = 7$ ТэВ (Run 1) и $\sqrt{S} = 14$ ТэВ (Run 3).

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ зависимостей дифференциального сечения и асимметрии вперед-назад, полученных с использованием программных комплексов FEWZ и READY, с экспериментальными данными Run 1 при $\sqrt{S} = 7$ ТэВ.
2. Представить сравнительный анализ зависимостей дифференциального сечения с учетом радиационных поправок и асимметрии вперед-назад для Run 3 при $\sqrt{S} = 14$ ТэВ.

Результатом работы стали численные значения сечения и асимметрии вперед-назад процесса Дрелла-Яна при полной энергии коллайдера $\sqrt{S} = 7$ ТэВ (Run 1), дифференциального сечения с учетом однопетлевых поправок и асимметрии вперед-назад для $\sqrt{S} = 14$ ТэВ (Run 3) в рамках эксперимента CMS на Большом адронном коллайдере.

Практическая польза – полученные результаты могут найти применение при анализе экспериментальных данных, полученных в Run 3 эксперимента CMS на Большом адронном коллайдере.

АГУЛЬНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА РАБОТЫ

Магістарская дысертация: 50 с., 16 мал., 70 крын.

АДНАПЕТЛЯВЫЯ РАДЫЯЦЫЙНЫЯ ПАПРАЎКІ, АСІМЕТРЫЯ
НАПЕРАД-НАЗАД, ВЯЛІКІ АДРОННЫ КАЛАЙДАР,
ДЫФЕРЭНЦЫЯЛЬНЫ ПЕРАСЕК, ПРАЦЭС ДРЭЛА-ЯНА, ЭКСПЕРЫМЕНТ
CMS, FEWZ, READY, RUN 3.

Аб'ект даследавання – працэс Дрэла-Яна.

Прадмет даследавання – назіраныя велічыні і аднапетлявыя радыяцыйныя папраўкі да назіраных велічынь.

Мэта работы – выкарыстоўваючы праграмныя комплексы FEWZ і READY, атрымаць лікавыя значэнні асіметрыі наперад-назад і дыферэнцыяльнага перасеку працэсу Дрэла-Яна з улікам аднопетлевых паправак ў рамках эксперыменту CMS на Вялікім Адронным Калайдары пры энергіі калайдара $\sqrt{S} = 7$ ТэВ (Run 1) і $\sqrt{S} = 14$ ТэВ (Run 3).

Для дасягнення пастаўленай мэты былі вызначаны наступныя задачы:

1. Правесці параўнальны аналіз залежнасцей дыферэнцыяльнага перасеку і асіметрыі наперад-назад, атрыманых з выкарыстаннем праграмных комплексаў FEWZ і READY, з эксперыментальнымі дадзенымі Run 1 пры $\sqrt{S} = 7$ ТэВ.
2. Прадставіць параўнальны аналіз залежнасцяў дыферэнцыяльнага перасеку з улікам радыяцыйных паправак і асіметрыі наперад-назад для Run 3 пры $\sqrt{S} = 14$ ТэВ.

Вынікам працы сталі лікавыя значэнні перасеку і асіметрыі наперад-назад працэсу Дрэла-Яна пры поўнай энергіі коллайдэра $\sqrt{S} = 7$ ТэВ (Run 1), дыферэнцыяльнага перасеку з улікам аднопетлевых паправак і асіметрыі наперад-назад для $\sqrt{S} = 14$ ТэВ (Run 3) у рамках эксперыменту CMS на Вялікім адронным калайдары.

Практычная карысць – атрыманыя вынікі могуць знайсці прымяненне пры аналізе эксперыментальных дадзеных, атрыманых у Run 3 эксперыменту CMS на Вялікім адронным калайдары.

GENERAL DESCRIPTION OF THESIS

Master thesis: 50 pp., 16 fig., 70 ref.

CMS EXPERIMENT, DIFFERENTIAL CROSS SECTION, DRELL-YAN PROCESS, FEWZ, FORWARD-BACKWARD ASYMMETRY, LARGE HADRON COLLIDER, ONE-LOOP RADIATIVE CORRECTIONS, READY, RUN 3.

The object of research is the Drell-Yan process.

The subject of the study is the observable quantities and the next-to-leading order radiative corrections to the observable quantities.

The aim of the work is to obtain numerical values of the forward-backward asymmetry and the differential cross section of the Drell-Yan process, taking into account one-loop corrections in terms of the CMS experiment at the Large Hadron Collider with the collision energy $\sqrt{S} = 7$ TeV (Run 1) and $\sqrt{S} = 14$ TeV (Run 3) using the FEWZ and READY software packages.

To achieve this goal, the following tasks were identified:

1. To carry out a comparative analysis of the differential cross section and forward-backward asymmetry dependences, obtained using the FEWZ and READY software complexes, with the experimental data of Run 1 at $\sqrt{S} = 7$ TeV.
2. To present a comparative analysis of the differential cross section dependences, taking into account the radiative corrections and the forward-backward asymmetry dependences for Run 3 at $\sqrt{S} = 14$ TeV.

The results of the work are the numerical values of the cross section and forward-backward asymmetry of the Drell-Yan process with energy $\sqrt{S} = 7$ TeV (Run 1), differential cross section with the one-loop radiative corrections and forward-backward asymmetry for $\sqrt{S} = 14$ TeV (Run 3) for the CMS experiment at the Large Hadron Collider.

Practical benefits – the results can be used in the experimental data analysis for Run 3 CMS experiment at the Large Hadron Collider.