

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

Апарина Алексея Андреевича

«Скейлинговые закономерности в рождении кумулятивных частиц и частиц с большими поперечными импульсами в протон-ядерных столкновениях при высоких энергиях»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **01.04.16** – физика атомного ядра и элементарных частиц

Диссертация Апарина А.А. «Скейлинговые закономерности в рождении кумулятивных частиц и частиц с большими поперечными импульсами в протон-ядерных столкновениях при высоких энергиях» посвящена исследованию самоподобия в рождении заряженных кумулятивных частиц и частиц с большими поперечными импульсами в столкновениях протонов с ядрами при высоких энергиях.

Актуальность темы

Поиск новых симметрий и скейлинговых закономерностей является предметом интенсивного изучения, поскольку их открытие, как правило, приводит к существенному прогрессу как в экспериментальных, так и в теоретических исследованиях в физике сильных взаимодействий. Применение z-скейлинга к изучению протон-ядерных ($p+A$) взаимодействий представляет значительный интерес в свете результатов, полученных на действующих экспериментальных установках. Все это свидетельствует об актуальности темы диссертации.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, двух приложений и списка литературы, включающего 172 наименования.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цель работы, выносимые на защиту основные результаты, их научная новизна и практическая ценность.

В **первой главе** содержится краткий обзор литературы по изучаемой проблематике. Дано определение кумулятивных процессов и краткое описание различных скейлингов. Отмечено, что отклонение от скейлингового поведения физических величин свидетельствует о наличии новых физических эффектов.

Во **второй главе** описан формализм метода z -скейлинга для анализа инклюзивных спектров рождения частиц и струй в столкновениях адронов и ядер. Приведена процедура построения скейлинговой переменной z и функции $\Psi(z)$, имеющих смысл параметра подобия и плотности вероятности рождения инклюзивной частицы с заданным значением z соответственно.

В **третьей главе** описаны основные результаты анализа спектров рождения адронов в $p+A$ столкновениях, полученных на различных ускорителях в экспериментах с неподвижной мишенью в широком интервале энергий для некумулятивной области. Обосновывается важность проверки скейлинговых свойств функции $\Psi(z)$ для процессов кумулятивного рождения частиц.

Четвертая глава посвящена анализу в рамках метода z -скейлинга инклюзивных сечений, включающих область кумулятивного рождения частиц, в экспериментах с фиксированной мишенью на ускорителях У70 и Теватрон. Показано, что зависимости инклюзивных сечений от угла вылета частиц и импульса налетающего протона пропадают при переходе к z -представлению спектров. Это подтверждает предположение об универсальности и энергетической независимости формы скейлинговой функции, а также закон аддитивности для фрактальной размерности ядер в кумулятивном рождении адронов.

В **пятой главе** на основе полученных результатов для скейлингового поведения функции $\Psi(z)$ представлены оценки импульсных спектров рождения заряженных адронов в зависимости от энергии столкновения, массы ядра-мишени, импульса и угла вылета инклюзивной частицы. Выполненные в рамках диссертационной работы расчеты дают оценки сечений рождения пионов и адронов в глубоко-кумулятивной области в рамках метода z -скейлинга.

В **шестой главе** сформулировано предложение об исследовании рождения кумулятивных частиц в эксперименте с фиксированной мишенью на детекторе STAR. Приведены расчеты кинематических характеристик вторичных частиц

при разных начальных условиях, а также краткое описание расширенного варианта метода z-скейлинга для столкновения ядер с учетом центральности.

В заключении диссертации перечислены основные результаты работы.

Новизна исследований определяется тем, что в диссертации

- впервые построены параметр подобия z и скейлинговая функция $\Psi(z)$ для рождения пионов в кумулятивной области в $p+A$ взаимодействиях при энергиях У70 и Теватрона;
- впервые изучены свойства z-скейлинга в кумулятивном рождении заряженных пионов в $p+A$ взаимодействиях и установлена энергетическая, угловая и A -зависимость скейлинговой функции $\Psi(z)$ в широкой области значений параметра подобия z ;
- впервые на основе скейлинговых свойств функции $\Psi(z)$ предсказаны импульсные спектры пионов с большими поперечными импульсами в глубоко-кумулятивной области при энергиях У70 и Теватрона;
- сформулированы критерии поиска новых явлений в кумулятивных процессах с большими поперечными импульсами, основанные на нарушении закона аддитивности или резком изменении фрактальной размерности ядер.

Значимость полученных в диссертации результатов

Полученные в диссертации результаты вносят существенный вклад в систематическое изучение скейлинговых закономерностей рождения частиц в протон-ядерных взаимодействиях и проверку z-скейлинга. Согласованное описание процессов с большими поперечными импульсами в некумулятивной области и процессов кумулятивного рождения частиц имеет важное теоретическое значение, поскольку подтверждает возможность использования метода z-скейлинга как для анализа существующих данных, так и для планирования новых экспериментов по столкновению адронов и ядер в широком интервале начальных энергий. Таким образом, результаты проведенных автором диссертации исследований представляют научную и практическую значимость для физики сильных взаимодействий.

Степень обоснованности и достоверность полученных результатов

Достоверность результатов работы подтверждается применением апробированных методов физического анализа и согласованностью выводов. Материалы диссертации многократно докладывались на российских и международных конференциях и семинарах. Основные результаты полно представлены в научной печати. Все это подтверждает высокую степень обоснованности и достоверности полученных в диссертационной работе результатов.

Говоря о диссертации в целом, необходимо отметить достаточно высокий методический и феноменологический уровень работы. Личный вклад автора в основные результаты исследования не вызывает сомнения.

Замечания

В качестве замечаний необходимо отметить следующее.

1. На стр. 6 допущена смысловая и / или стилистическая неточность, поскольку азимутальные корреляции фиксированного порядка относительно плоскости реакции (т.н. «коллективный поток») характеризуются только одним параметром и, как следствие, изучать можно или параметр эллиптического (второго порядка) потока, или различные параметры коллективных потоков разных порядков.

2. В тексте п. 5.2 отсутствует обсуждение качества аппроксимаций (большие значения χ^2 / степень свободы) экспериментальных данных, представленных на рис. 5.1.

3. В приложении Б используется тип ссылок на математические выражения, отличный от общепринятых и основного текста.

4. В отдельных случаях перепутаны русско- и англоязычные сокращения (стр. 6 и 7 – для программы сканирования по энергии) и обозначения (стр. 9 и 11 и далее по тексту – для ускорителя У70), отсутствуют необходимые ссылки (стр. 21, 22 и т.д.) и перепутана их очередность (стр. 23, 25), в тексте встречаются опечатки (стр. 19, 28, 70 и т.д.).

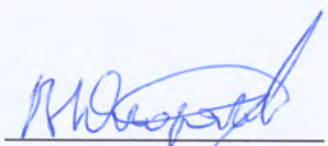
Указанные недостатки не влияют на положительную оценку диссертационной работы и значимость результатов, выносимых на защиту.

Заключение

Диссертация Апарина А.А. «Скейлинговые закономерности в рождении кумулятивных частиц и частиц с большими поперечными импульсами в протон-ядерных столкновениях при высоких энергиях» представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Автореферат правильно и достаточно полно отражает содержание диссертации. В опубликованных автором работах полно отражены основные результаты и положения диссертации. Диссертационная работа обладает научной и практической значимостью.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация «Скейлинговые закономерности в рождении кумулятивных частиц и частиц с большими поперечными импульсами в протон-ядерных столкновениях при высоких энергиях» удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а автор работы, **Апарин Алексей Андреевич**, за обнаружение z-скейлинга в кумулятивном рождении заряженных пионов в столкновениях протонов с ядрами при высоких энергиях заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.


Доктор физико-математических наук, доцент, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», кафедра физики


Окорокров Виталий Алексеевич

г. Москва, « 27 » сентября 2017 г.

Почтовый адрес:
115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31
тел. +7-499-788-5699 доб. 5818,
электронная почта: VAOkorokov@mephi.ru

Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ


М.А. Окорокров (Виталий Алексеевич)