

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Есеева Марата Каналбековича «Экзотические атомы и ионы в интенсивных электромагнитных полях», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц

Исследования экзотических атомных и молекулярных систем, в состав которых входят частицы антивещества (позитроны и антипротоны) или мюоны, открывают новые возможности для чувствительных тестов фундаментальных физических теорий, уточнения фундаментальных констант, а также имеют важное прикладное значение. Так, например, спектроскопия экзотических атомов позволяет выполнить чувствительные тесты квантовой электродинамики связанных систем (с использованием позитрония и мюония), проверку фундаментальных симметрий (с использованием антиводорода и антипротонного гелия), повысить точность определения постоянной Ридберга (с использованием мюонного водорода). Для успешной реализации этих задач требуется глубокое понимание процессов взаимодействия экзотических атомов с внешними полями, а также механизмов столкновения с другими частицами.

Данная диссертационная работа посвящена глубокому теоретическому анализу механизмов удержания позитрония в ловушке пеннинг-малмбергского типа, анализу механизма “стряхивания” мюона в реакциях мюонного катализа, а также исследованию экзотических атомов и ионов в полях ультракоротких импульсов электромагнитного поля различной природы. Исследования, выполненные в данной работе, находятся на острие современной физики экзотических атомных систем, что обуславливает ее *актуальность*.

В первой части работы рассмотрены методы удержания античастиц в электромагнитных ловушках, использующихся для синтеза и захвата экзотических атомов. Рассмотрены основные направления физических экспериментов с экзотическими атомами и предложены оригинальные модели описания столкновений с их участием.

В первой главе рассмотрены различные типы электромагнитных ловушек для удержания заряженных и нейтральных частиц, дан обзор по методам накопления и удержания частиц в ловушках. Произведен подробный анализ ловушки пеннинг-малмбергского типа и исследована динамика частиц в такой ловушке. Предложен оригинальный механизм замедления позитронов и механизм влияния вращающегося электрического поля в

ловушке на стабилизацию и сжатие их сгустка. Предложенный механизм проверяется в эксперименте на ловушке установки LEPТА (ОИЯИ, Дубна), что описано во **второй главе**. В ней представлены экспериментальные результаты по накоплению электронных и позитронных сгустков для последующей генерации пучка ортопозитрония. В результате найдены оптимальные параметры ловушки, обеспечивающие максимальную эффективность удержания и накопления частиц: давление буферного газа, продольное магнитное поле, распределение потенциалов на запирающих электродах, частота и амплитуда вращающегося электрического поля. В **третьей главе** рассмотрен распад ионов антипротонного и мюонного гелия при столкновениях с буферным газом. С использованием оригинально метода расчетов показано, что ионизация мезоатомов может быть усилена за счет выстраивания рассеивающих центров. Автором показано, что при идеальной выстроенности вероятность ионизации вырастает почти в два раза, что является важным результатом для процессов типа мюонного катализа. Предложен оригинальный механизм тушения метастабильности антипротонного гелия в присутствии примесей с привлечением ионной модели. Расчеты, выполненные в рамках данной модели, подтверждаются экспериментальными данными, полученными различными исследовательскими группами.

Вторая часть работы посвящена теоретическим исследованиям взаимодействия ультракоротких импульсов электромагнитного поля с атомами и ионами, в том числе экзотическими. В **четвертой главе** диссертации представлен разработанный автором метод расчета вероятностей неупругих процессов и ионизации атомов позитрония, а также мезоатомов ультракороткими импульсами электромагнитного поля. В **пятой главе** предложен новый метод расчета спектров перерасеяния ультракоротких импульсов электромагнитного поля в различных системах. В **шестой главе** исследованы ориентационные эффекты при ионизации и рассеянии ультракоротких импульсов электромагнитного поля на молекулярных ионах с учетом выстроенности межъядерной оси относительно направления распространения импульса.

Все предложенные методы расчетов являются достоверными, поскольку в них корректно используются известные методы теории возмущений. Результаты расчетов, где это представляется возможным, подтверждаются известными экспериментальными данными, в том числе полученными при непосредственном участии автора (установка LEPТА, Дубна). В связи с этим *обоснованность* выносимых автором на защиту научных положений и их *достоверность* не вызывает сомнений.

Научная новизна результатов, представленных в диссертационной работе, обусловлена тем, что в ней предложен ряд оригинальных механизмов, методов расчета, а также выполнен ряд новых экспериментальных исследований. Все основные результаты обсуждались на конференциях и семинарах по теме диссертации, а также представлены в статьях в периодических изданиях, рекомендованных Министерством образования и науки РФ для публикаций результатов по докторским диссертациям. По результатам исследований автором опубликована монография “Экзотические атомы, ионы и их компоненты в интенсивных электромагнитных полях”.

Научная значимость работы заключается в разработке ряда новых теоретических моделей, описывающих поведение экзотических систем во внешних электромагнитных полях и процессы столкновения с их участием. Из основных достижений можно отметить трехмерную модель удержания и сжатия сгустка заряженных частиц в ловушке с выделением роли вращающегося поля, а также методы расчета неупругих процессов возбуждения, ионизации и переизлучения экзотических атомов и ионов при взаимодействии с интенсивными электромагнитными полями ультракоротких импульсов на основе обобщения приближения внезапных возмущений.

Практическая значимость полученных в работе результатов заключается в экспериментальной проверке модели и повышении эффективности накопления и удержания заряженных частиц в экспериментах на установке LEPТА в Объединённом институте ядерных исследований, Дубна. Результаты исследования автора могут найти применения в таких научно-исследовательских лабораториях и центрах как Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, Петербургский институт ядерной физики РАН, CERN (Швейцария), Paul-Scherer Institut (Швейцария), ETH (Швейцария), Imperial College (Англия) и др.

Следует также отметить некоторые замечания по диссертационной работе:

- Несмотря на то, что автор во Введении приводит подробное описание исследований в области экзотических атомов, достаточное для обоснования актуальности темы его работы, ряд известных современных экспериментов, к которым диссертационная работа имеет непосредственное отношение, не упоминается (например, R. Pohl et al., Nature 466, 2010). На мой взгляд, работа могла значительно выиграть, если бы автор потратил большие усилия на выстраивание параллелей между его исследованиями и текущими работами в мире.

- Основная часть расчетов представлена без указания их погрешности и точности используемых моделей. Это может затруднить использование части расчетов в практических приложениях.
- В части исследования взаимодействий ультракоротких импульсов электромагнитного поля с экзотическими атомами и ионами отсутствует сравнение теоретических исследований с экспериментом. Также отсутствует сравнение с другими теоретическими моделями (например, работами О. Толстихина). Хотелось бы, чтобы автор привел аргументы, почему такие сравнения некорректны или невозможны.
- В автореферате и тексте диссертации присутствует ряд опечаток и неточностей, что затрудняет восприятие результатов. Указывать их в виду достаточно большого количества считаю нецелесообразным.

В целом эти замечания не снижают основную ценность полученных в диссертации результатов, хотя и требуют пояснений автора.

Диссертация «Экзотические атомы и ионы в интенсивных электромагнитных полях» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 является научно-квалификационной работой, в которой М.К. Есеевым разработан ряд новых теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Все основные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных журналах; автореферат соответствует тексту диссертации.

В соответствии с требованиями «Положения о порядке присуждения ученых степеней» автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент

Член-корр. РАН, д.ф.-м.н.,
заместитель директора ФИАН



Н.Н. Колачевский

Подпись официального оппонента заверяю

21.04.2014

Ученый секретарь ФИАН
д.ф.-м.н.




Н.Г. Полухина

Колачевский Николай Николаевич
e-mail: kolik@sci.lebedev.ru
тел.: 8 (499) 135-42-86

119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинский просп., д.53