

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

Значительный прогресс в лазерных технологиях позволил генерировать ультракороткие импульсы электромагнитного поля и их последовательности с продолжительностью, вплотную приближающейся к аттосекундной. Создание такого инструмента сделало возможным исследование взаимодействия различных сред с ультракороткими импульсами. Ультракороткие импульсы высокой интенсивности могут инициировать различные процессы в атомах. Возможно возбуждение ими фотоядерных реакций, релятивистское ускорение электронов и протонов и др. Спектр направлений исследований в этой области широк и многообразен. Очевидны успехи современной физики по некоторым из этих направлений. Прежде всего, это возможности изучения динамики фемтохимических реакций, достижения в области метрологии оптических стандартов частоты, приложения в оптико-волоконных технологиях. С другой стороны генерация экзотических атомов и исследование их свойств имеющее, прежде всего, фундаментальное значение, проводится в ведущих ядерных научно-исследовательских лабораториях и институтах. Все это делает *актуальной* тему и направление диссертационной работы.

Стоит также отметить, что мало изученным на сегодняшний день является поведение античастиц и экзотических атомов и систем в сверхинтенсивных полях ультракоротких импульсов. Ряд методов, расчетов и экспериментальных исследований, изложенных в диссертации произведен

впервые. Это позволяет говорить о *научной новизне* выбранного в диссертации направления исследования.

Диссертация содержит в себе шесть глав. *Первая глава* посвящена удержанию нейтральных и заряженных частиц в ловушках с использованием электромагнитных полей. Подробно автор останавливается на проблеме накопления и удержания электронной и позитронной плазмы в открытой ловушке пеннинговского типа с полем «вращающейся стенки». Здесь предложен механизм замедления и захвата позитронов буферным газом при накоплении и представлена трехмерная модель, объясняющая влияние электромагнитных полей на движение позитронов относительно оси ловушки. Во *второй главе* приведены экспериментальные результаты по проверке трехмерной модели и проведено численное моделирование поведения плазменного сгустка в ловушке Сурко установки LEPTA (Дубна). Приведены оптимальные параметры накопления позитронов, что увеличивает эффективность последующей генерации атомов позитрония в накопительном кольце установки. *Третья глава* посвящена исследованию распадов экзотических атомов и ионов. В качестве объекта исследования выбран антипротонный гелий и мезоатом. Тушение метастабильности антипротонного гелия объясняется с использованием ионной модели. Ионизация быстрого мезоатома в столкновениях на выстроенных молекулах рассмотрена в приближениях внезапного возмущения и по теории возмущений. Показано, что сечение «стряхивания» мезоатомов существенно зависит от ориентации ядер. В *четвертой главе* содержится исследование взаимодействия ультракоротких импульсов электромагнитного поля с атомами и ионами, включая экзотические, в результате которого происходит ионизация или возбуждение последних. Здесь используется приближение внезапных возмущений, приближение потенциалов нулевого радиуса. Объектом исследования являются атом позитрония, мезоатом, отрицательные и положительные ионы. *Пятая глава* диссертации посвящена другому процессу, происходящему в результате взаимодействия

аттосекундных импульсов с атомами и ионами – переизлучению. Здесь автор представляет квантовомеханический метод расчета процесса переизлучения на основе приближения внезапных возмущений и применяет метод к расчету спектров переизлучения в атомах позитрония, отрицательных ионах. В *шестой главе* диссертации содержится анализ ориентационных эффектов при взаимодействии молекулярных ионов с ультракороткими импульсами. Приведены расчеты спектров переизлучения и ионизации при различных выстроенностях ядер относительно направления распространения импульсов.

Защищаемые автором положения основаны на теоретических и экспериментальных исследованиях процессов с экзотическими атомами, ионами и их компонентами. Предложенные в диссертационной работе механизмы и модели корректны и частично проверены в эксперименте с участием автора. Результаты апробированы на специализированных конференциях, опубликованы в достаточном объеме в журналах по соответствующей тематике. Все это позволяет сделать вывод об *обоснованности* выносимых автором на защиту научных положений и *достоверности* представленных результатов.

Научная и практическая значимость полученных результатов состоит прежде всего в том, что разработаны новые методы расчета вероятности ионизации и переизлучения в экзотических атомах и ионах в интенсивных полях ультракоротких импульсов аттосекундной длительности на основе обобщения приближения внезапных возмущений. Также в работе сформулирован механизм действия поля «вращающейся стенки» на ступок позитронов в ловушке с учетом согласования частоты и направления вращения «стенки» с частотой продольных баунс-осцилляций и поперечного магнетронного вращения. Это позволило оптимизировать процесс накопления и удержания позитронов в ловушке Сурко установки LEPTA (ОИЯИ). Также результаты исследования автора могут найти применение в Московском физико-техническом институте, Петербургском институте ядерной физики, GSI, CERN.

Вместе с отмеченными достоинствами в диссертации на наш взгляд есть и некоторые недочеты:

- В первой части работы во второй главе приводится достаточно много экспериментальных данных по накоплению электронных сгустков в ловушке и сравнительно немного данных по накоплению позитронных сгустков, а ведь, как следует из контекста работы, именно накопление позитронов является ключевым для генерации атомов позитрония. Необходимо пояснение по данному вопросу.
- Во второй части работы при исследовании взаимодействий ультракоротких импульсов электромагнитного поля с различными объектами нет сопоставления результатов автора с экспериментами в этой области. Хотелось бы, чтобы автор привел такие данные, или, если такие эксперименты не возможны на сегодняшний день, оценил ближайшие перспективы экспериментальных исследований в этом направлении.
- Автор при разработке методов расчета вероятностей переизлучения и ионизации в экзотических атомах и ионах использует приближение внезапных возмущений. Однако существуют и другие методы расчета. Необходимо было бы четко сформулировать в работе границы применимости разработанного метода и провести сравнение с другими методами.

Данные недостатки несколько снижают впечатление о диссертации, однако не ставят под сомнение полезность и обоснованность основных результатов диссертации.

В итоге можно сделать вывод, что в соответствии с требованиями пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» диссертация Есеева Марата Каналбековича «Экзотические атомы и ионы в интенсивных электромагнитных полях» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на автором основании исследований выполненных разработаны

теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Это позволяет заключить, что автор диссертации заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук,

профессор кафедры радиоэлектроники и прикладной информатики

Московского физико-технического института



В.А. Астапенко

Дата 28.04.2014г

Подпись официального оппонента заверяю

