

«УТВЕРЖДАЮ»


Проректор по научной
работе
РГПУ им. А. И. Герцена
Л.А. Цветкова
« 10 » 05 2018 г.

Отзыв ведущей организации
на диссертационную работу Руднева Владимира Александровича
«Исследование новых эффектов в стационарных и нестационарных системах
нескольких тел»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических
наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Системы нескольких частиц в предельных режимах, таких как атомарный или молекулярный конденсат Бозе-Эйнштейна с одной стороны, и атомарные и молекулярные системы в полях сверхсильных лазерных импульсов — с другой, находятся в центре внимания современных экспериментальных и теоретических исследований. Именно исследованию таких систем, выявлению новых эффектов в таких системах посвящена диссертация В.А. Руднева. Важность и актуальность представленных в диссертации результатов подтверждается большим количеством ссылок на работы, положенные в её основу.

В диссертационной работе В.А. Руднева разработаны эффективные методы прямого решения стационарных и нестационарных задач нескольких тел, позволившие автору получить новые физические результаты. Так, автор продемонстрировал связь между двумя важнейшими результатами в физике квантовых систем трёх частиц — линией Филлипса и эффектом Ефимова — остававшаяся неизвестной в течение более 50 лет, получены новые универсальные закономерности, связывающие околопороговые наблюдаемые для систем трёх квантовых тел в режиме, близком к ефимовской универсальности. Выявлены и описаны серии пороговых резонансов в низкоэнергетических столкновениях ориентированных диполей, что представляется особенно актуальным в свете развития техник экспериментальной работы с конденсатами поляризуемых атомов и молекул. Новые результаты получены и для систем в полях сильных электромагнитных импульсов. Так, предсказано влияние фазы импульса на процессы диссоциации молекулярных ионов, нашедшее экспериментальное подтверждение. Разработана общая теория влияния фазы электромагнитного импульса на состояние взаимодействующей с ним квантовой системы, выявлены качественные условия, при которых могут наблюдаться фазовые эффекты.

Диссертация состоит из введения и шести глав. В главах с первой по

третью рассматриваются двух- и трёх-частичные системы при энергиях около двухчастичного порога. В главах с четвёртой по шестую рассматриваются квантовые системы, взаимодействующие с сильными импульсами электромагнитного поля.

Во введении обоснована актуальность работы, описана степень разработанности темы, сформулированы цели и задачи работы, обоснована её практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе формулируются основные идеи, положенные автором в основу разработанного им метода прямого решения квантовой задачи трёх тел. Важными нововведениями представляются использование правого предобуславливания при решении дискретизованной системы уравнений Фаддеева, позволяющего существенно сократить число вычислительных операций, и использование асимптотически оптимальных сеток, позволяющих существенно повысить точность решения задачи и снять с исследователя методические трудности, связанные с подбором неравномерных сеток.

Во второй главе демонстрируется высокая точность представленного в первой главе метода на примере решения задачи на связанные состояния и бинарное рассеяние в системе трёх атомов гелия. Продемонстрированы трудности, связанные с высокой чувствительностью состояний в окрестности двухчастичного порога к малым вариациям константы связи для системы в режиме, близком к ефимовской универсальности. Показано, что даже в этой сложной с вычислительной точки зрения ситуации подход автора обеспечивает точность, ограниченную неопределённостью постоянной Больцмана для потенциалов, заданных в единицах температуры. Второй важный результат главы — демонстрация связи между эффектом Ефимова и линией Филлипса. Автором обнаружены новые соотношения, связывающие наблюдаемые в окрестности двухчастичного порога в режиме взаимодействия, близком к универсальному. В частности, из этих соотношений следуют соотношения между энергией околорогового связанного состояния и энергией порога, при которых длина рассеяния частицы на связанной паре обращается в нуль либо стремится к бесконечности.

Третья глава посвящена низкоэнергетическому рассеянию ориентированных во внешнем поле полярных молекул. Автором обнаружены и классифицированы серии пороговых резонансов в таких системах, показана связь между полным и дифференциальным сечением рассеяния, обусловленная этими пороговыми резонансами, рассмотрен сценарий возможного экспериментального наблюдения таких серий резонансов.

Четвёртая глава посвящена исследованию диссоциации молекул в поле короткого лазерного импульса. Автор показал, что техника скалированных координат при прямом решении уравнения Шредингера для нестационарных систем не только позволяет существенно повысить точность расчётов и исключить систематические ошибки, связанные с конечным размером области, в которой ищется решение, но и получить волновую функцию системы в импульсном пространстве без использования интегральных преобразований.

На основе прямого решения уравнения Шрёдингера для моделей молекулярного иона водорода впервые показано, что фаза между несущей и огибающей электромагнитного импульса может влиять на угловое распределение фрагментов фотодиссоциации. Отмечается, что распределение фрагментов реакции по энергии существенно более чувствительно к фазе импульса, нежели угловое распределение.

В пятой главе рассматривается вопрос практической наблюдаемости фазовых эффектов в реалистическом сценарии эксперимента. Выявлены условия, наиболее благоприятные для наблюдения фазовых эффектов, показано существенное ослабление эффекта фазы для некогерентных начальных состояний и непостоянства интенсивности импульса в объёме мишени. Предложены подходы к улучшению наблюдаемости фазовых эффектов за счёт более высокой чувствительности распределения диссоциированных фрагментов по энергии.

Шестая глава посвящена построению общей теории влияния фазы между несущей и огибающей электромагнитного импульса на состояние взаимодействующей с ним квантовой системы. За счёт формального перехода к уравнениям с двумерным временем автор разделяет временные масштабы, связанные с осциллирующей компонентой фиксированной несущей частоты и огибающей импульса. В новом представлении удаётся явно исключить фазу между несущей и огибающей из уравнений динамики. Показано, что любые фазовые эффекты могут интерпретироваться как интерференция нестационарных аналогов квазиэнергетических состояний, отвечающих различному количеству фотонов, провзаимодействовавших с квантовой системой. На примере модели двухуровневой системы в поле лазерного импульса выявлены качественные условия, при которых возможно наблюдение фазовых эффектов. В частности, показано, что критической для наблюдения эффектов фазы является не только и не столько малая длительность импульса, сколько его высокая интенсивность.

В заключении автор кратко суммирует физические результаты, представляющиеся ему наиболее важными, отмечает новые задачи, возникающие на основе представленной работы.

По содержанию диссертации можно сделать следующие замечания.

1) Универсальные серии резонансов, описанные в главе 3, исследованы на основе моделирования взаимодействия диполей на малых расстояниях с помощью постановки нулевых граничных условий на поверхности малой сферы. Представляется важным исследование рассмотренных автором универсальных серий резонансов в рамках более широкого набора моделей взаимодействия диполей на малых расстояниях.

2) Среди методов, позволяющих корректно исследовать процессы рассеяния в системе нескольких тел, следовало бы упомянуть метод перепроецирования, ссылка и обсуждение которого в диссертации отсутствуют.

3) В оформлении работы можно отметить некоторые недочёты. Так,

например, рисунки 4.3 и 5.1 совпадают по содержанию, в ссылках на литературу имеются неточности.

Сделанные замечания не являются принципиальными и не снижают ценность диссертационной работы.

Актуальность и значимость работы определяется новыми результатами как физического, так и технического характера, важными для активно развивающихся направлений современной атомной и молекулярной физики. Так, разработка высокоточных методов решения трёхчастичной задачи и замечания, касающиеся источников погрешности существующих потенциальных моделей, представляются исключительно важными в свете недавних экспериментальных работ по прямым измерениям функции плотности малых кластеров гелия. Новые соотношения между околопороговыми наблюдаемыми для трёхчастичных систем открывают широкие возможности как для тестирования аналитических и численных моделей трёхчастичных систем в режиме, близком к ефимовской универсальности, так и для экспериментальных оценок околопороговых наблюдаемых в ефимовских системах. Прогресс экспериментальных исследований квантовых газов полярных молекул и атомов приближает возможность для наблюдения предсказанных автором универсальных серий пороговых резонансов. Предсказанное автором влияние фазы между несущей и огибающей лазерного импульса на процессы диссоциации молекул и молекулярных ионов уже нашли экспериментальное подтверждение, а предложенная теория таких эффектов открывает широкие возможности дальнейших теоретических исследований процессов в нестационарных квантовых системах, чувствительных к фазовым эффектам.

Эти достижения опираются на тщательно разработанные автором техники прямого решения стационарных и нестационарных квантовых задач нескольких тел. К таким новым техникам можно отнести метод правого преобуславливания дискретизованной системы уравнений Фаддеева, использование асимптотически оптимальных сеток при решении квантовой задачи трёх тел, использование алгоритма Арнольди совместно с методом распространения во мнимом времени для поиска всех связанных состояний системы.

Методы и результаты, представленные в данной работе, являются новыми и оригинальными, а вклад автора в их разработку и получение — решающим.

Работа прошла широкую апробацию. Результаты, представленные в диссертации, многократно докладывались на международных конференциях и семинарах в ведущих мировых научных центрах. Они в полной мере опубликованы в 14 статьях в ведущих рецензируемых мировых научных журналах, индексируемых Web of Science и SCOPUS, включая Physical Review Letters. Широкое цитирование работ автора, положенных в её основу, подтверждают актуальность и значимость представленной работы.

Диссертация соответствует паспорту специальности 01.04.02 - «Теоретическая физика». Автореферат правильно и полно отражает

содержание диссертации.

Материалы диссертации могут быть использованы для дальнейших исследований в Санкт-Петербургском государственном университете, в Российском государственном педагогическом университете им. А. И. Герцена, в Петербургском институте ядерной физики, Объединённом институте ядерных исследований (ОИЯИ), Институте прикладной физики РАН, университете Инсбрука (Австрия) и других российских и международных научных центрах.

Из всего сказанного выше следует, что диссертация Руднева Владимира Александровича «Исследование новых эффектов в стационарных и нестационарных системах нескольких тел» полностью соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утверждённым постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 года с изменениями от 21 апреля 2016 года (приказ №335), а её автор безусловно заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Диссертация рассмотрена и отзыв обсуждён и одобрен на заседании кафедры теоретической физики и астрономии Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена, протокол № 9-17/18 от 10 мая 2018 года.

Отзыв составил заведующий кафедрой теоретической физики и астрономии д. ф.- м. н., профессор Беляев Андрей Константинович.

Заведующий кафедрой
теоретической физики и астрономии

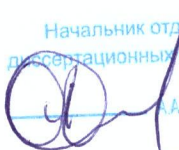
А.К. Беляев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена»
г. Санкт-Петербург
191186, Санкт-Петербург Набережная реки Мойки 48
Телефон: (812) 312-44-92 Факс: (812) 312-11-95
E-mail: mail@ Herzen.spb.ru
Официальный сайт организации: <https://www.herzen.spb.ru>

«Подпись руки  заверяю»



Начальник отдела
диссертационных советов


А.А. Лахтинов

Проборяд по плану работы

Д.А. Беляков