

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мининой Анастасии Александровны на тему «Адиабатическое приближение для процессов нелинейной ионизации и генерации высших гармоник в интенсивных лазерных полях», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика.

Диссертационная работа Мининой А.А. посвящена теоретическому исследованию двух активно изучаемых процессов в интенсивном лазерном поле – генерации гармоник высокого порядка и нелинейной ионизации. В рамках диссертации рассмотрен ряд важных теоретических аспектов нелинейного взаимодействия интенсивного лазерного излучения с атомными системами, в частности, существующая аналитическая модель, основанная на методе эффективного радиуса и формализме квазистационарных состояний, обобщена на случай лазерного поля произвольной конфигурации и учтено влияние возбужденных состояний. Стоит отметить, что даже в рамках предложенного модельного подхода, задача расчета вероятностей элементарных процессов в сильном лазерном поле представляется весьма трудоемкой. Как показывает автор диссертации, существенное упрощение может быть достигнуто с помощью адиабатического приближения, основанного на малости отношения времени туннелирования (или времени подбарьерного движения) к характерному периоду короткого лазерного импульса. Очевидно, что область применимости такого приближения ограничивается туннельным пределом, однако это несколько не сужает область практического применения получаемых в этом приближении результатов, так как большинство экспериментов по генерации высоких гармоник (ГВГ) выполняется именно в туннельном режиме. Используя адиабатическое приближение и аналитическую модель, Мининой А.А. получено аналитическое выражение для амплитуд ГВГ и нелинейной ионизации, вычислен кулоновский фактор, определяющий эффекты кулоновского поля в момент туннелирования в процессах нелинейной ионизации и ГВГ. Полученные модельные результаты для амплитуды ГВГ обобщаются на случай реальных атомных систем. Точность предложенного обобщения проверяется посредством сравнения аналитических расчетов с результатами численного интегрирования нестационарного уравнения Шредингера. Показана высокая точность полученных аналитических соотношений. В качестве практического приложения развитой теории ГВГ, Минина А.А. рассматривает генерацию гармоник в импульсном бициркулярном поле и показывает, что, варьируя временную задержку между компонентами бициркулярного поля, можно управлять как выходом гармоник, так и поляризационными параметрами поля. В ходе проведения исследования установлено, что для ненулевой временной задержки между компонентами бициркулярного поля имеет место существенное увеличение выхода гармоники. Этот необычный эффект возникает из-за усиления туннельной ионизации, вызываемого соответствующей подстройкой задержки между компонентами поля.

Отмечу, что актуальность представленного исследования и полученных результатов обусловлена их связью с такими прикладными задачами, как спектроскопия сверхбыстрых процессов, получение аттосекундных импульсов с контролируемым поляризационным состоянием, генерации циркулярно поляризованных гармоник. Полученные в работе результаты позволяют предсказать новые эффекты, возникающие при генерации гармоник в бициркулярном лазерном поле, а также способы управления степенью циркулярной поляризации гармоник. Основные результаты диссертации прошли апробацию в рамках известных международных конференций и опубликованы в престижных научных журналах, в частности, *Physical Review Letters* и *Physical Review A*.

Автореферат даёт ясное представление о проведённых в диссертационной работе исследованиях и их результатах. Предложенная аналитическая модель представляет собой полный последовательный подход к вычислению спектра генерации высших гармоник в лазерных полях с произвольной формой импульса. Интересным результатом диссертации является предложенный метод управления степенью циркулярной поляризации гармоник в бициркулярном лазерном поле с помощью задержки по времени между компонентами этого поля. Также к достоинствам диссертации можно отнести развёрнутый анализ различных эффектов, возникающих при генерации высших гармоник в бициркулярном лазерном поле, и предложенную физическую интерпретацию наблюдаемых явлений. Основные результаты диссертации представляют интерес для специалистов, изучающих эффекты нелинейного взаимодействия лазерного излучения с веществом.

Из автореферата диссертации следует, что проведённая автором работа является законченным научным исследованием, соответствует требованиям, предъявленным ВАК к кандидатским диссертациям, а сама Минина Анастасия Александровна заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика. Содержание автореферата соответствует указанной специальности.

Стрелков Василий Вячеславович,

доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник,  
Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
Институт общей физики им.  
А.М.Прохорова Российской академии  
наук, 119991, Москва, ул. Вавилова, д.  
38, тел. +7 (499) 503-8734,

e-mail: [strelkov.v@gmail.com](mailto:strelkov.v@gmail.com)

*Суб*

9.09.2019

ВРИО ученого секретаря ИОФ РАН,  
доктор физико-математических наук



*Глушков В.В.*  
Глушков В.В.