

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

д.ф.-м.н., профессора Фролова Михаила Владимировича о диссертационной работе Грызловой Елены Владимировны «Векторные корреляции в нелинейных процессах ионизации атомов высокочастотным излучением», представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика.

Диссертация Елены Владимировны Грызловой посвящена теоретическому исследованию угловых распределений и дихроизмов в фотоэмиссии электронов при взаимодействии интенсивного излучения диапазона вакуумного ультрафиолета с атомами. Исследования выполнены для условий, реализованных или заявленных в ближайшее время к реализации на рентгеновских лазерах на свободных электронах (ЛСЭ). Рассмотренные в диссертации многофотонные процессы, такие как последовательная кратная ионизации или многофотонная резонансная ионизация, происходят с большой вероятностью, и их описание составляет основу физики взаимодействия излучения, генерируемого на ЛСЭ, с атомами и молекулами.

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения.

В первой главе представлен обзор современного состояния эксперимента и используемых теоретических методов.

Во второй главе сформулированы самые общие принципы развиваемого в диссертации теоретического подхода.

В третьей главе рассмотрены процессы двойной двухфотонной и тройной трехфотонной последовательной ионизации в простейшей модели, в которой пренебрегается особенностями непрерывного спектра. Упрощенная модель создала основу для понимания, когда и при каких условиях спектроскопические особенности становятся существенными, и позволила сформулировать теорему о подобии угловых распределений фотоэмиссии при ионизации атомов и однократных ионов.

В четвертой главе рассмотрены особенности, проявляющиеся в последовательной кратной ионизации, когда на первой и/или второй ступени ионизации присутствуют автоионизационные состояния, дважды возбужденные или частично-дырочные. Рассмотрена двухфотонная и трехфотонная двойная ионизация.

В пятой главе исследуются особенности последовательной резонансной ионизации, связанные со взаимодействием электронной оболочки со спином ядра. Для инертных газов такая постановка имеет смысл для криптона и ксенона, так как они имеют стабильные изотопы с ненулевым спином. На примере ксенона показано, как деполяризация, вызванная сверхтонкой структурой, меняет угловое распределение и спектр фотоэмиссии, и предложен метод извлечения константы сверхтонкой структуры на основании соответствующих измерений.

Наконец, в шестой главе автор возвращается к двойной двухфотонной ионизации для гладкого и структурированного непрерывного спектра в контексте осуществления полного эксперимента. Постановка задачи подразумевает поиск способа как на основании измерения дифференциальных по углу параметров, определить все участвующие в процессе амплитуды каналов реакции.

Диссертационное исследование обобщает большой объем исследовательских работ, объединенных выбранными мишенями, используемыми методами и анализируемыми результатами. Цельность диссертации достигнута, в частности, за счет тщательного отбора материала, например, в диссертацию не включены около 30 работ соискателя, выполненных в тот же период.

Сильной стороной диссертации является масштабное сравнение теоретических результатов с имеющимися экспериментальными данными. Все главы содержат сравнение с экспериментальными данными, то есть все крупные результаты имеют экспериментальное подтверждение. Часть представленных экспериментов была проведена с подачи и при участии Е.В. Грызловой. Метод извлечения константы сверхтонкой структуры, изложенный в главе пять, уже применялся другими авторами. Из вышесказанного следует актуальность и востребованность проведенных в диссертации исследований. Диссертация апробирована на множестве международных и российских конференций.

Автореферат полностью соответствует тексту диссертации.

Среди недостатков следует отметить:

- (1) Не вполне прозрачный выбор мишеней: почему двойная двухфотонная ионизация рассмотрена для неона, аргона и криптона, но не ксенона, также представленного в диссертации, но в главе 5?
- (2) В диссертации представлены результаты в электрическом дипольном приближении и при учете первых недипольных поправок $E1 \& E2$. Не обсуждается вопрос необходимости учета следующего порядка, то есть $E2 \& E2$ и $E1 \& E3$ поправок.
- (3) Формулировка полного эксперимента была сделана в рамках электрического дипольного приближения. Не обсуждается вопрос, можно ли поставить соответствующую задачу при учете недипольных поправок.
- (4) Классификация режима взаимодействия короткого высокочастотного импульса с атомной системой на основе значения параметра Келдыша, на мой взгляд, является неверной. Действительно, теория Келдыша строится в предположении малости отношения несущей частоты к характерной атомной частоте. В представленной работе, реализуется обратная ситуация, а именно: это отношение больше единицы и для классификации режима взаимодействия используют другие безразмерные параметры, например, отношение средней колебательной энергии электрона в лазерном поле к несущей частоте поля или отношение амплитуды колебаний электрона в лазерном поле к характерной атомной длине (см. [Н. Л. Манаков, А. Г. Файнштейн, Теоретическая и математическая физика т. 48, с. 385–395 (1981).])
- (5) На мой взгляд, диссертация только бы выиграла, если бы в ней хотя бы качественно обсуждались эффекты, вызванные длительностью высокочастотного лазерного импульса. В рамках такого обсуждения, можно было бы ответить на следующие вопросы, а именно, как влияет значение относительной фазы лазерного импульса на обсуждаемые в диссертации эффекты дихроизма? При каких длительностях лазерного импульса эффект фазы был бы принципиален? Как изменится обсуждаемая физика в пределе сверхкоротких лазерных импульсов?
- (6) В диссертации и автореферате имеется ряд опечаток, которые не влияют на понимание текста диссертации. Например, стр.5 автореферата написано “пэтому”, стр.19 автореферата написано “В глава 2”, стр.27 автореферата “**К**уперовского минимума” (должно быть написано с маленькой буквы), стр. 36 “ф**Ф**актор” и т.д.

Указанные замечания носят скорее методический и рекомендательный характер и не умаляют заслуг соискателя в получении важных и интересных результатов, равно как и высокой оценки диссертации.

Общее впечатление о диссертационной работе Е.В. Грызовой положительное. Считаю, что диссертация «Векторные корреляции в нелинейных процессах ионизации атомов высокочастотным излучением» соответствует специальности 1.3.6. Оптика (по физико-математическим наукам), а также критериям, определённым пп. 2.1–2.5 «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к докторским диссертациям, и оформлена согласно приложениям № 8 и 9 «Положения о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова», а её автор — Грызлова Елена Владимировна — заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой теоретической физики физического факультета
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Воронежский государственный университет»

Фролов Михаил Владимирович

«05» марта 2025 г.

Контактные данные:

Телефон: +7 (473) 220-87-56

e-mail: frolov@phys.vsu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена докторская диссертация:

01.04.02 — теоретическая физика

Место защиты диссертации

Воронежский государственный университет

Адрес места работы:

394018, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Воронежский государственный университет»

Телефон: +7 (437) 220-87-55

e-mail: office@main.vsu.ru

Подпись Фролова Михаила Владимировича ЗАВЕРЯЮ: