

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Киселева Максима Дмитриевича «Моделирование нелинейных и сверхбыстрых ионизационных процессов в атомах в мягком рентгеновском и экстремальном ультрафиолетовом диапазоне», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 — «Оптика»

Работа посвящена важному вопросу: моделированию процессов, происходящих с атомами и их ансамблями, в поле высокоинтенсивных импульсов ультрафиолетового излучения. Последние эффективно образуются в новейших экспериментальных установках, таких, например, как лазеры на свободных электронах (ЛСЭ). В связи со сложностью проводимых экспериментов в этой области и высокой степенью ответственности при их подготовке, высококачественное теоретическое моделирование является очень важным элементом при планировании эксперимента, т.к. позволяет оценить заранее величину исследуемого эффекта и дать рекомендации по проведению измерений. Автором получены следующие важные научные результаты.

- В рамках метода R-матрицы с волновыми функциями атомов и ионов, рассчитанными многоконфигурационным методом Хартри-Фока, проведен обширный расчет амплитуд фотоионизации иона неона с вакансией на глубокой $1s$ -оболочке при энергиях фотона, допускающих образование промежуточного резонанса с «полой» $1s$ -оболочкой вида $1s^{-2}np$. В работе смоделированы сечения ионизации, спектры и угловые распределения фотоэлектронов, а также рассчитаны вклады различных каналов образования и распада исследуемых резонансов. Проведено сравнение с результатами эксперимента на ЛСЭ EuXFEL.

- Методом решения скоростных уравнений смоделирована динамика заселенности различных ионных состояний криптона при ионизации его внешних $4s$ и $4p$ оболочек. Кроме того, разработан формализм, позволяющий эффективно учесть поляризацию падающего излучения и поляризацию промежуточных состояний. Проведено моделирование фотоэлектронных спектров, выходов ионов различной кратности и показано, что учёт поляризации может приводить к подавлению отдельных линий в спектре, а также вносить поправки в выходы ионов до 10% в зависимости от режима облучения (флюенс, энергия). Показана важность учета ридберговских автоионизационных состояний вида $4s^2 4p^4(^1D)ns/nd$ и $4s^1 4p^5 np$ при моделировании угловых распределений фотоэлектронов в процессе двухфотонной двойной ионизации атома криптона. Проведено сравнение с результатами эксперимента на ЛСЭ FLASH.

- Исследованы образование и распад корреляционных спутельных линий вида $3d^1 4p^{-1} nl$ и $3d^1 4s^{-1} nl$ в атоме криптона при ионизации его фотонами с энергией выше порога ионизации $3d$ -оболочки (92 эВ и выше). Смоделированы соответствующие фотоэлектронные спектры, угловые зависимости отдельных линий и показано, что механизм образования исследуемых состояний может быть определен однозначно в терминах «нормальной» и «сопряженной» встряски при условии, что в континууме после распада доминирует электрон с определенным значением орбитального момента. Проведено сравнение с результатами эксперимента на синхротроне MAX IV.

- Разработан теоретический аппарат, позволяющий на основе четкой аналитической процедуры конструировать выражения для угловых распределений фотоэлектронов, образованных при ионизации атомной мишени бесселевыми волнами, из хорошо известного выражения для угловых распределений фотоэлектронов, образованных под действием плоской волны. На основе этой процедуры предложена новая методика диагностики бесселевых пучков. Также теория применена на случай ионизации гелиевой мишени бесселевым светом в области дипольного $2s 2p^1 P_1$ и квадрупольного $2p^2^1 D_2$ резонансов и показано, что при некоторых энергиях угловые распределения фотоэлектронов претерпевают сильное изменение формы при увеличении угла раскрытия конуса бесселева пучка.

Работа оставляет очень хорошее впечатление. Принимая во внимание объем и качество проделанной работы, можно с уверенностью отметить ее значительный вклад в развитие теоретических подходов к моделированию нелинейных и сверхбыстрых процессов в атомах под действием высокоинтенсивных лазерных импульсов.

Работа соответствует специальности 1.3.6. «Оптика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским 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, Киселев Максим Дмитриевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 — «Оптика».

Заведующий кафедрой Общей физики и
волновых процессов физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова, д.ф.-м.н.
(шифр научной специальности 01.04.21)
профессор

Макаров В.А.
«26» апреля 2024 г.

Данные об авторе отзыва:

Макаров Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой Общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, профессор

Адрес:
119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 62
Контакты:
e-mail: vama^{karov}@phys.msu.ru,
тел.: +7 (495) 939-12-25

Я, Макаров Владимир Анатольевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета МГУ.013.6 и их дальнейшую обработку

«26» апреля 2024 г.

подпись, дата

Подпись Макарова Владимира Анатольевича удостоверяю:

Учёный секретарь
Учёного совета
физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
д.ф.-м.н., профессор

Стремоухов С.Ю.

«26» апреля 2024 г.