

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

Диссертационная работа Киселева М.Д. посвящена теоретическому исследованию фотоионизации атомов и ионов под действием коротковолновых, высокоинтенсивных импульсов лазерного излучения. Автором проведено моделирование ионизации различных атомов и ионов под действием как плоскотового излучения циркулярной и линейной поляризации, так и в поле так называемого закрученного света в виде бесселевой волны. В работах автора проведена интерпретация результатов современных экспериментов, что свидетельствует о высокой востребованности таких исследований.

В диссертационной работе рассматриваются три актуальных направления: исследование процессов ионизации атомов и ионов с образованием глубоких вакансий, многократная ионизация атомов инертных газов и исследование процессов взаимодействия закрученного бесселева излучения с атомами. Теоретические исследования выполнялись с использованием метода R-матрицы в представлении базисных сплайнов.

- Подробно теоретически исследованы образование и распад промежуточного резонансного иона неона с двойной дыркой на атомной K-оболочке (так называемое DCH-состояние) вида $1s^{-2}np$. Проведено моделирование сечений фотопоглощения в минимальной и расширенной моделях. Смоделированы спектры фотоэлектронов, образующихся при распаде указанных резонансов, и проанализирована их угловая анизотропия. Рассчитаны брэнчинги различных каналов распада, которые показали существенную важность учета распадов с пассивным np -электроном. Автору удалось построить «резонансные карты» (двухпараметрические зависимости вероятности распада по определённому каналу от энергии фотона и от энергии электрона), в которых четко выделяются доминирующие конечные состояния двукратного иона неона. Авторские результаты применены для интерпретации первого в мире эксперимента, проведенного на линии SQS Европейского лазера на свободных электронах (ЛСЭ).

- Исследован вопрос о многократной ионизации атома криптона высокоинтенсивным импульсом ЛСЭ, затрагивающим по энергии только его внешние оболочки: $4s$ и $4p$. Предложен аналог скоростных уравнений в терминах статистических тензоров, в результате чего автору удалось эффективно учесть поляризацию падающего излучения. Это позволило провести сравнение случаев облучения поляризованным и неполяризованным излучением. Было показано, что поляризация может

достаточно сильно влиять на форму электронных спектров (как минимум ослабить некоторые линии, а как максимум – полностью их подавить), а также проявиться в интегральных выходах ионов различной кратности. Результаты теоретической работы автора были использованы при постановке экспериментального исследования двухфотонной двойной ионизации (2PDI) атома криптона на ЛСЭ FLASH. Продемонстрировано, что теоретический учет состояний $4s^2 4p^4(^1D)ns/nd$ и $4s^1 4p^5 np$ улучшает согласие теории с экспериментом. Впервые смоделированы энергетические зависимости параметров анизотропии β_2 и β_4 для процесса 2PDI.

- Проведены обширные расчеты методом R-матрицы для фотоионизации атома криптона при энергиях, достаточных для ионизации его M-оболочки, с учетом встройки электронов за счет корреляций. Это позволило автору смоделировать полное сечение ионизации атома криптона, а также парциальные сечения при распаде на различные конечные состояния. Исследован механизм образования и спектры электронов после распада состояний вида $3d^1 4p^{-1} nl$ и $3d^1 4s^{-1} nl$. Сформулированы условия, при которых механизм встройки определяется однозначно. Впервые были смоделированы энергетические зависимости дипольных параметров анизотропии угловых распределений для отдельных линий в спектре, что позволило интерпретировать результаты эксперимента, проведенного на синхротроне MAX IV.

- Доказано оригинальное утверждение о том, что при облучении мишени из равномерно распределенных атомов бесселевым светом угловое распределение образующихся фотоэлектронов может быть аналитически получено из известного выражения для случая облучения плоской волной путем умножения определенных сферических гармоник на малые d -функции Вигнера. Выполнен демонстрационный расчет для мишени из атомов гелия в области энергий, соответствующих нижним автоионизационным резонансам, который показал, что усиление закрученности падающего пучка приводит к общему перераспределению вероятности вылета фотоэлектронов и даже образованию новых доминирующих направлений.

По результатам исследований в высокорейтинговых научных журналах опубликовано 9 статей.

Принимая во внимание объем и качество проделанной работы, можно с уверенностью сказать, что вклад автора в теорию нелинейных и сверхбыстрых процессов в атомах и ионах под действием высокоинтенсивных лазерных импульсов весьма значителен.

Существенных замечаний к представленному автореферату нет.

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».

Профессор Высшей школы физико-математических наук
Тихоокеанского государственного университета,
д.ф.-м.н.

(шифр научной специальности 01.04.02)

_____ Зайцев С.А.

подпись, дата

3.05.2024

Данные об авторе отзыва:

Зайцев Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, Высшей школы физико-математических наук Тихоокеанского государственного университета,

Адрес:

680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, д. 136

Контакты:

e-mail: zaytsevsa@pnu.edu.ru,

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

подпись, дата

3.05.2024

Подпись Зайцева Сергея Александровича удостоверяю: