



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА**

**Заключение диссертационного совета МГУ.013.6  
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук**

Решение диссертационного совета от 23 мая 2024 года № 6

О присуждении Киселеву Максиму Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации 1994 года рождения, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование нелинейных и сверхбыстрых ионизационных процессов в атомах в мягком рентгеновском и экстремальном ультрафиолетовом диапазоне» по специальности 1.3.6. «Оптика» принята к защите 15 апреля 2024 года, протокол № 2, диссертационным советом МГУ.013.6.

Соискатель Киселев Максим Дмитриевич в 2018 году окончил магистратуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению подготовки «Физика». С 2019 года по 2023 год обучался в очной аспирантуре Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Оптика». С 2020 года соискатель работает в должности программиста 1 категории (1/2 ставки) отдела электромагнитных процессов и взаимодействия атомных ядер Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена на кафедре общей ядерной физики физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель — Грум-Гржимайло Алексей Николаевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела электромагнитных процессов и взаимодействия атомных ядер Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Стрелков Василий Вячеславович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник теоретического отдела Института общей физики имени А.М. Прохорова Российской академии наук (ИОФ РАН),

Ипатов Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры физики Санкт-Петербургского национального исследовательского Академического университета имени Ж.И. Алфёрова Российской академии наук (СПбАУ РАН им. Ж.И. Алфёрова),

Глазов Дмитрий Алексеевич, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник физического факультета физико-технического мегафакультета Национального исследовательского университета ИТМО, —

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, все по теме диссертации, из них 8 научных публикаций в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для

защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.6. «Оптика». Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. **Kiselev M.D.**, Gryzlova E.V., Grum-Grzhimailo A.N. *Angular distribution of photoelectrons generated in atomic ionization by the twisted radiation* // Physical Review A. — 2023. — Vol. 108, no. 2. — P. 023117, **IF=2.9 (WoS)**.  
Общий объём статьи=1.63 п.л., личный вклад=1.3 п.л.
2. Gryzlova E.V., **Kiselev M.D.**, Popova M.M., Grum-Grzhimailo A.N. *Evolution of the ionic polarization in multiple sequential ionization: general equations and an illustrative example* // Physical Review A. — 2023. — Vol. 107, no. 1. — P. 013111, **IF=2.9 (WoS)**.  
Общий объём статьи=1.38 п.л., личный вклад=0.69 п.л.
3. **Kiselev M.D.**, Reinhardt M., Patanen M., Kivimäki A., Powis I., Zatsarinny O., Grum-Grzhimailo A.N., Holland D.M.P. *An experimental and theoretical study of the Kr 3d correlation satellites* // Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics. — 2022. — Vol. 55, no. 5. — P. 055002, **IF=1.6 (WoS)**.  
Общий объём статьи=2 п.л., личный вклад=1.4 п.л.
4. **Kiselev M.D.**, Gryzlova E.V., Burkov S.M., Zatsarinny O., Grum-Grzhimailo A.N. *Mechanisms of 1s Double-Core-Hole Excitation and Decay in Neon* // ATOMS. — 2021. — Vol. 9, no. 4. — P. 114, **IF=1.8 (WoS)**.  
Общий объём статьи=0.75 п.л., личный вклад=0.6 п.л.
5. Varvarezos L., Düsterer S., **Kiselev M.D.**, Boll R., Bomme C., De Fanis A., Erk B., Passow C., Burkov S.M., Hartmann G., Ilchen M., Johnsson P., Kelly T.J., Manschwetus B., Mazza T., Meyer M., Rompotis D., Zatsarinny O., Gryzlova E.V., Grum-Grzhimailo A.N., Costello J.T. *Near-threshold two-photon double ionization of Kr in the vacuum ultraviolet* // Physical Review A. — 2021. — Vol. 103, no. 2. — P. 022832, **IF=2.9 (WoS)**.  
Общий объём статьи=1.13 п.л., личный вклад=0.36 п.л.
6. **Kiselev M.D.**, Carpeggiani P.A., Gryzlova E.V., Burkov S.M., Reduzzi M., Dubrouil A., Faccialá D., Negro M., Ueda K., Frassetto F., Stienkemeier F., Ovcharenko Y., Meyer M., Fraia M.D., Plekan O., Prince K.C., Callegari C., Sansone G., Grum-Grzhimailo A.N. *Photoelectron spectra and angular distribution in sequential two photon double ionization in the region of autoionizing resonances of ArII and KrII* // Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics. — 2020. — Vol. 53, no. 24. — P. 244006, **IF=1.6 (WoS)**.  
Общий объём статьи=1.38 п.л., личный вклад=0.44 п.л.
7. Gryzlova E.V., **Kiselev M.D.**, Popova M.M., Zubekhin A.A., Sansone G., Grum-Grzhimailo A.N. *Multiple Sequential Ionization of Valence  $n = 4$  Shell of Krypton by Intense Femtosecond XUV Pulses* // ATOMS. — 2020. — Vol. 8, no. 4. — P. 80, **IF=1.8 (WoS)**.  
Общий объём статьи=0.88 п.л., личный вклад=0.7 п.л.
8. Mazza T., Ilchen M., **Kiselev M.D.**, Gryzlova E.V., Baumann T.M., Boll R., De Fanis A., Grychtol P., Montaña J., Music V., Ovcharenko Y., Rennhack N., Rivas D.E., Schmidt P., Wagner R., Ziolkowski P., Berrah N., Erk B., Johnsson P., Küstner-Wetekam C., Marder L., Martins M., Ott C., Pathak S., Pfeifer T., Rolles D., Zatsarinny O., Grum-Grzhimailo A.N., Meyer M. *Mapping Resonance Structures in Transient Core-Ionized Atoms* // Physical Review X. — 2020. — Vol. 10, no. 4. — P. 041056, **IF=12.5 (WoS)**.  
Общий объём статьи=1 п.л., личный вклад=0.32 п.л.

На автореферат диссертации поступило 3 отзыва, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области оптики, лазерной физики, теоретической физики и имеют публикации по тематике диссертации. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой автором разработан и применен теоретический подход для моделирования сверхбыстрых фотоионизационных процессов в атомах гелия, неона, криптона под действием высокоэнергетического излучения, в том числе закрученного (в виде бесселевых пучков), а также продемонстрирована возможность применения метода R-матрицы для успешного описания ионизации глубоких атомных оболочек.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М.В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов. Исследованные в работе процессы и предсказанные в них эффекты могут стать основой для планирования новейших экспериментов в области физики атомных систем, а также для интерпретации уже имеющихся данных. Предложенный в работе метод диагностики бесселевых пучков может быть использован в задачах, где необходима высокая точность в определении параметров бесселева излучения. Данный метод основан на оригинальном и доказанном в рамках диссертации утверждении, в связи с чем не имеет аналогов в настоящий момент.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. При расчёте экзотических автоионизационных резонансов неона серии  $1s^2np$  методом R-матрицы учёт каналов распада только с активным  $np$ -электроном ведёт к существенной переоценке (до 2 порядков) времени жизни соответствующего резонанса, в то время как дополнительный учёт каналов с пассивным  $np$ -электроном позволяет получить корректные значения.
2. При распаде экзотических автоионизационных резонансов неона серии  $1s^2np$  при  $n = 3$  наблюдается существенная угловая анизотропия фотоэлектронных спектров вплоть до исчезновения линий типа  $1s^12s^22p^kmp^{k'}\ ^{2Sf+1}D$  в направлении поляризации поля. Эта анизотропия исчезает при  $n \geq 4$ .
3. При последовательной двойной двухфотонной ионизации криптона фотонами с энергией 24-27 эВ параметры угловой анизотропии фотоэлектронных спектров регулируются сериями автоионизационных резонансов типа  $4s^24p^4(^1D)ns/nd$  и  $4s^14p^5np$ .
4. При ионизации криптона фотонами с энергией выше 90 эВ механизм образования спутных линий серии  $3d^14p^1nl$  в терминах нормальной и сопряжённой встряски определяется однозначно благодаря соответствию механизма встряски конкретному каналу фотоэмиссии.
5. При последовательной кратной ионизации криптона изменение поляризации падающего излучения выражается в изменении наблюдаемых интегральных характеристик, таких как выходы ионов различной кратности, до 10%, а также в ослаблении или полном исчезновении отдельных линий фотоэлектронного спектра.
6. Для однородной макроскопической мишени из неполяризованных атомов, равномерно распределённых в плоскости, перпендикулярной направлению распространения бесселева пучка, влияние закрученности излучения на угловое распределение фотоэлектронов, представленное в виде разложения по сферическим гармоникам  $Y_{kq}(\theta_p, \varphi_p)$ , проявляется в домножении каждой гармоники на малую  $d_{qq}^k(\theta_c)$  функцию Вигнера, где  $\theta_c$  – угол раскрытия конуса бесселева света.
7. При ионизации мишени из атомов гелия закрученным бесселевым светом вероятность вылета электронов под определённым углом существенно перераспределяется при увеличении угла раскрытия  $\theta_c$ , приводя к образованию новых доминирующих направлений. Максимальное проявление достигается в минимуме сечения дипольного  $2s2p\ ^1P_1$  резонанса (60.18 эВ).

На заседании 23 мая 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Киселеву Максиму Дмитриевичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **15** человек, из них **7** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **22** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — **15**, «против» — **нет**, недействительных бюллетеней — **нет**.

Председатель  
диссертационного совета МГУ.013.6  
доктор физико-математических наук,  
профессор

Салецкий Александр Михайлович

Учёный секретарь  
диссертационного совета МГУ.013.6  
доктор физико-математических наук,  
доцент

Косарева Ольга Григорьевна

Дата оформления заключения: 23 мая 2024 года.