



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI**  
**U.A.ARIFOV NOMIDAGI ION-PLAZMA VA LAZER TEXNOLOGIYALARI INSTITUTI**  
100125, Toshkent shahri, Do‘rmon yo‘li ko‘chasi, 33-uy, tel.: (+998-71) 2623169, faks: (+998-71) 2623254  
E-mail: [info@iplt.uz](mailto:info@iplt.uz), [www.iplt.uz](http://www.iplt.uz)

---

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию **Кайгородова Михаила Юрьевича** на тему: **«Расчеты электронной структуры сверхтяжелых элементов и многозарядных ионов»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. – Теоретическая физика

В связи с существенным прогрессом, достигнутым в последние десятилетия в синтезе сверхтяжелых элементов, исследование физических и химических свойств этих элементов является актуальной задачей современной физики. В частности, важной задачей, над которой работает множество научных групп по всему миру, является исследование влияния релятивистских, корреляционных и квантово-электродинамических эффектов на электронную структуру сверхтяжелых элементов. Экспериментальные достижения в области физики тяжелых многозарядных ионов позволили проверять предсказания квантовой электродинамики в режиме сильного электромагнитного поля, создаваемого ядром, уточнять значения фундаментальных констант и параметров ядер. Для описания электронной структуры сверхтяжелых элементов и многозарядных ионов необходимо проведение прецизионных численных расчётов этой структуры в рамках релятивистского формализма. Актуальность, представленной к защите диссертационной работы М. Ю. Кайгородова, не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из трех глав, обширного списка литературы и одного приложения. Первая глава диссертации посвящена обзору релятивистских методов вычисления электронных корреляций в атомах и ионах. В главе детально обсуждены, применяющиеся в работе методы учета корреляций, а именно, метод конфигурационного взаимодействия, скомбинированный с многочастичной теорией возмущений, и метод связанных кластеров в пространстве Фока. Большое внимание в этой главе уделяется описанию метода приближенного учёта квантово-электродинамических эффектов, основанного на использовании модельного оператора лэмбовского сдвига. Во второй главе автор применяет описанные методы для расчетов параметров электронной структуры сверхтяжёлых элементов. В частности, достаточно подробно описывается

процедура расчёта сродства к электрону атома оганесона (с зарядом ядра, равным 118), а также потенциалов ионизации и энергий сродства к электрону сверхтяжёлых элементов с атомными номерами 111-114. Результаты, полученные методом связанных кластеров в пространстве Фока, демонстрируют, что не рассмотренные ранее поправки от трехкратных кластерных амплитуд вносят значительный вклад в изучаемые характеристики. Третья глава диссертации содержит результаты расчёта электронных корреляций для переходов электрона из основного состояния в однократно-возбужденные состояния бериллиепоподобных ионов. Эти результаты получены автором при помощи метода наложения конфигураций в базисе орбиталей Дирака-Фока-Штурма. Важным является тот факт, что корреляционные поправки к межэлектронному взаимодействию получены в схеме, которая допускает согласованное объединение с квантово-электродинамической теорией возмущений. Раздел Приложение завершает диссертацию. В нём подробно описана схема построения базисных наборов, использованных в корреляционных расчетах электронной структуры сверхтяжелых элементов.

Надежность результатов, представленных автором в диссертации, подтверждается, как согласием с имеющимися в литературе результатами, так и с публикациями полученных результатов в ведущих научных журналах. В четырех работах М. Ю. Кайгородов является первым автором. Результаты работы также обсуждались на ряде научных мероприятий, в том числе на международных конференциях. Указанные сведения свидетельствуют о высоком уровне и большой значимости проделанной работы.

В целом, работа написана хорошо, хотя и не лишена опечаток и некоторых неточностей. По содержанию диссертации можно сделать следующие замечания:

- 1) В главе 1 при описании автором схемы построения штурмовских функций вводится весовая функция, которая содержит некоторые параметры. В тексте работы не объясняется, на что влияют эти параметры, и какими они были выбраны в расчетах.
- 2) В той же главе 1, на мой взгляд, недостаточно подробно описана схема построения двухкомпонентного гамильтониана, который впоследствии активно используется для определения поправок на гаунтовское взаимодействие к потенциалам ионизации и сродству к электрону. Из текста работы не совсем ясно, как именно соотносится поправка на гаунтовское взаимодействие, вычисленная методом наложения конфигураций, с релятивистским гамильтонианом и настоящим оператором гаунтовского взаимодействия, с поправкой, вычисляемой в рамках метода связанных кластеров и двухкомпонентным гамильтонианом.
- 3) В главе 3 при обсуждении погрешности вклада модельного оператора лэмбовского сдвига утверждается, что были проведены сравнения экранированных поправок, вычисленных из первых принципов, с экранированными поправками, выделенными из расчётов с модельным оператором. Было бы интересно увидеть более детальное сравнение этих величин.

Сделанные замечания не являются принципиальными с точки зрения основных результатов, полученных автором, и не влияют на общее положительное впечатление от работы.

На основании всего изложенного я считаю, что диссертация Кайгородова Михаила Юрьевича на тему: «Расчеты электронной структуры сверхтяжелых элементов и

многозарядных ионов» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Кайгородов Михаил Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. – теоретическая физика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института ионно-плазменных и лазерных технологий им. У.А. Арифова Академии наук Республики Узбекистан,

Балтенков Аркадий Сергеевич

26 сентября 2022 г.

