

Отзыв научного руководителя
на работу Анны Михайловны Волчковой
“Эффект Зеемана и сверхтонкое расщепление в бороподобных
многозарядных ионах с ненулевым спином ядра”
представленную на соискание ученой степени кандидата наук СПбГУ

За последние десятилетия исследования зеемановского расщепления в многозарядных ионах стали одним из самых успешных инструментов для проверки Стандартной Модели, поисков новой физики за её пределами, определения фундаментальных констант и параметров ядер. Наряду с основной характеристикой зеемановского расщепления — g -фактором, для которого точность теории и эксперимента достигает 10^{-9} – 10^{-12} — важную роль могут играть также нелинейные по магнитному полю вклады. В ионах с ненулевым спином ядра возникает поправка на сверхтонкое взаимодействие, которую можно выразить через константу ядерного магнитного экранирования. Теоретические предсказания для этих величин имеют большое значение для интерпретации результатов высокоточных экспериментов, проводимых в основном в GSI (Дармштадт, Германия) и в MPIK (Гайдельберг, Германия). Константа ядерного магнитного экранирования необходима для определения ядерных магнитных моментов из экспериментальных данных для g -фактора. Надёжные данные для ядерных магнитных моментов стали особенно востребованы после обнаруженного недавно расхождения между экспериментом и теорией для сверхтонкого расщепления в водородо- и литиеподобных ионах висмута. Это расхождение оказалось связано с недостаточно точным определением магнитного момента висмута-209 методом ядерного магнитного резонанса. Таким образом, стало понятно, что погрешность затабулированных значений магнитных моментов может быть существенно занижена, а независимые высокоточные данные очень востребованы.

В диссертационной работе А.М. Волчковой выполнены расчёты квадратичного и кубического вкладов в зеемановское расщепление, а также констант ядерного магнитного экранирования в многозарядных ионах с числом электронов от одного до пяти в широком диапазоне заряда ядра. Расчёты выполнены в рамках релятивистской теории на основе уравнения Дирака с использованием двух независимых подходов — теории возмущений и метода конечного поля. Для численного решения уравнения

Дирака, как в сферически-симметричном, так и в аксиально-симметричном потенциале (во внешнем поле), применяется метод конечного базисного набора с наложением условий дуального кинетического баланса. Включение внешнего поля в гамильтониан и дифференцирование результатов по параметру взаимодействия позволяет получить вклады нужных порядков. Для учёта эффектов межэлектронного взаимодействия в уравнение Дирака также включается экранирующий потенциал, а поправка первого порядка вычисляется как матричный элемент оператора взаимодействия с учётом запаздывания. В рамках теории возмущений вычисляются вклады соответствующих диаграмм. В рамках метода конечного поля вычисляются производные от поправки к энергии по параметрам взаимодействий. В результате, получены наиболее точные на сегодняшний день теоретические значения для квадратичного и кубического вкладов в зеемановское расщепление, в первую очередь, в бороподобных ионах, где эти вклады особенно важны. В недавно выполненных в рамках проекта ALPHATRAP экспериментах по измерению g -фактора и тонкой структуры бороподобного аргона эти вклады были учтены для корректировки экспериментальных данных. Кроме того, для гелие-, литие- и бороподобных ионов с ненулевым спином ядра получены коэффициенты ядерного магнитного экранирования с учётом межэлектронного взаимодействия, более точные, чем опубликованные ранее. Полученные результаты опубликованы в 6 статьях, одна из которых в Physical Review Letters и одна в Physical Review A, ещё одна статья представлена к опубликованию. Кроме того, Анна Волчкова выступала на нескольких международных конференциях: HCI, SPARC Workshop, FFK, в том числе, с устными докладами.

Исследования выполненные в диссертации находятся на мировом уровне в данной области. Анна Волчкова проделала большой объём работы, проявила высокую работоспособность и целеустремлённость. Данная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Я рекомендую работу Анны Михайловны Волчковой к представлению на соискание ученой степени кандидата наук СПбГУ.

25.07.2022

к.ф.-м.н., доцент

Д.А. Глазов



Субботин
Зарубин
Волков
Михайлов
02.08.2022