

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Хабаровой Ксении Юрьевны «Прецизионная спектроскопия однофотонных переходов с использованием ультрастабильных лазерных источников», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика

Диссертация Хабаровой К.Ю. посвящена актуальной на сегодняшний день проблематике – применению прецизионной спектроскопии однофотонных переходов в атомных системах (водорода, стронция и тулия) для уточнения фундаментальных физических констант (ФФК), а также для высокоточных измерений времени и частоты в современных оптических стандартах, реализованных на их основе. Эта тематика важна не только для чисто фундаментальных приложений, например, в исследованиях дрейфа ФФК во времени, в оценках границ применимости стандартной модели и т.д., но и в метрологической практике – в создании высокостабильных стандартов частоты в наземном и бортовом вариантах, в глобальной навигационной спутниковой системе ГЛОНАСС, в релятивистской геодезии, в грядущем переопределении единицы времени – секунды в системе единиц СИ. Более того, нахождение точных значений ФФК и других физических постоянных, а также повышение точности реализации физических величин, взаимосвязаны, что подтверждено в резолюциях 26-й Генеральной конференции по мерам и весам в 2018 г., окончательно завершившей привязку 7 основных единиц системы СИ к фундаментальным физическим константам.

Данная тематика исследований традиционно находится в фокусе внимания ФИАН на протяжении многих лет. Часть достижений в этой области принадлежит лично Хабаровой К.Ю. и составляет предмет ее диссертационной работы. Перечислим наиболее значимые, на мой взгляд, результаты диссертации:

1. Оценка среднеквадратического радиуса протона.

Численное значение среднеквадратического радиуса протона является одним из основных ограничительных факторов, влияющих на точность определения ряда ФФК (например, постоянной Ридберга для бесконечной массы). Кроме того, точность теоретических квантовоэлектродинамических оценок сдвига Лэмба в водороде также лимитируется неопределенностью среднеквадратического радиуса протона. В диссертации методы прецизионной спектроскопии однофотонных переходов $2S-4P$ в атомарном

водороде (Главы 1-4) в оригинальной трактовке автора использованы для нового определения среднеквадратического радиуса протона и постоянной Ридберга с наивысшей на сегодняшний день точностью. Эти результаты позволили разрешить существующее противоречие в оценках радиуса протона, полученных в рамках других альтернативных подходов. Для получения этих принципиально важных результатов в диссертационной работе был разработан метод компенсации эффекта Доплера первого порядка, предложена и реализована модель квантовой интерференции для лазерной спектроскопии однофотонных переходов $2S-4P$, проведен детальный анализ бюджета неопределенностей для измеряемых частот в атомарном водороде и исследуемых физических констант.

2. Создание экспериментальной установки для проведения исследований «часовых» переходов в атомах стронция и реализация различных режимов лазерного охлаждения атомов тулия на узком переходе 1,14 мкм.

В диссертационной работе были детально исследованы все этапы реализации лазерного охлаждения атомов стронция, а также перезахват атомов в одномерную оптическую решетку на магической длине волны. Для осуществления этих этапов использовалась экспериментальная установка ФГУП «ВНИИФТРИ», в разработке которой непосредственное участие принимала Хабарова К.Ю. Наиболее важным результатом Главы 5 диссертации является реализация магнито-индуцированной спектроскопии перехода $^1S_0 - ^3P_0$ в четных изотопах атома стронция в оптической решетке с высоким спектральным разрешением.

На экспериментальной установке ФИАН успешно проведена спектроскопия часового перехода в атомах тулия на длине волны 1,14 мкм с шириной линии порядка 10 Гц. Впервые теоретически и экспериментально исследованы дифференциальные динамические поляризуемости атомных состояний тулия на длине волны 1,14 мкм, а также проведены оценки эффектов излучения черного тела. Эти оценки продемонстрировали малость этих эффектов в сравнении с аналогичными вкладами в других атомных системах (на несколько порядков), например, в атомах стронция. Данное обстоятельство является важным аргументом для создания оптических стандартов частоты на атомах тулия в стационарном и бортовом вариантах.

Судя по автореферату, следует отметить целостность подхода автора к решению поставленных задач. К достоинствам диссертационной работы

следует также отнестись грамотное и корректное изложение полученных результатов, а также глубину проведенного автором научного анализа.

Заключение.

- тема диссертации актуальна, диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу;

- полученные в диссертации результаты, основные положения и выводы являются обоснованными;

- результаты диссертации обладают научной новизной, практической значимостью, прошли апробацию, своевременно опубликованы в научных трудах автора;

- диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.13 г., предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Хабарова Ксения Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6 – *Оптика*

Отзыв составил:

доктор технических наук Пасынок Сергей Леонидович,
начальник отдела Определения параметров вращения Земли
Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский
научно-исследовательский институт физико-технических и
радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»),

Российская Федерация, 141570, Московская область, город
Солнечногорск, рабочий поселок Менделеево, промзона ФГУП
«ВНИИФТРИ», корпус 28

Тел. 8-495-660-57-25

e-mail: pasynok@vniiftri.ru

14.10.2021

/ Пасынок Сергей Леонидович /

Подпись Пасынка Сергея Леонидовича удостоверяю:

Лобова Оксана Алексеевна,

начальник отдела кадров Федерального государственного унитарного
предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-
технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»),

Российская Федерация, 141570, Московская область, город
Солнечногорск, рабочий поселок Менделеево, промзона ФГУП
«ВНИИФТРИ», корпус 11

Тел. 8-495-546-63-28

e-mail: lobova@vniiftri.ru



/ Лобова Оксана Алексеевна /