

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21 сентября 2020 г. № 79

О присуждении Трегубову Дмитрию Олеговичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Часовой переход в атомах тулия с низкой чувствительностью к тепловому излучению» по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика» принята к защите 11 марта 2020 года, протокол № 76 диссертационного совета Д002.023.03, созданного 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Трегубов Дмитрий Олегович, 1991 года рождения, в 2015 году с отличием окончил Факультет общей и прикладной физики Московского физико-технического института (МФТИ), защитив магистерскую дипломную работу. С 1 сентября 2015 года обучался в аспирантуре МФТИ на кафедре квантовой радиофизики, являющейся базовой кафедрой МФТИ в ФИАН, по специальности 01.04.21 «Лазерная физика» и закончил её 16 июля 2019 года. Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана МФТИ в 2019 году. С января 2013 года по настоящее время Д.О. Трегубов работает в Отделе спектроскопии Отделения оптики ФИАН. С 2 февраля 2020 г по результатам конкурса зачислен на должность высококвалифицированного научного сотрудника.

Диссертационная работа Д.О. Трегубова выполнена в Отделе спектроскопии Отделения оптики ФИАН.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук Хабарова Ксения Юрьевна, высококвалифицированный ведущий сотрудник Отдела спектроскопии Отделения оптики ФИАН.

Научный консультант: член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук Колачевский Николай Николаевич, директор ФИАН.

Официальные оппоненты:

1. Пальчиков Виталий Геннадьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Главного метрологического центра Государственной службы времени и частоты (ГМЦ ГСВЧ (НИО-7)) Федерального государственного унитарного предприятия Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ);
2. Зеленер Борис Борисович, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией №1.4 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук (ИСАН), город Москва, город Троицк, в своем положительном заключении, подписанном кандидатом физико-математических наук Афанасьевым Антоном Евгеньевичем, старшим научным сотрудником Лаборатории Лазерной спектроскопии Отдела Лазерной спектроскопии ИСАН, и доктором физико-математических наук Рябовым Евгением Артуровичем, главным научным сотрудником и исполняющим обязанности заведующего Отделом лазерной спектроскопии

ИСАН, и утвержденном доктором физико-математических наук, профессором Задковым Виктором Николаевичем, директором ИСАН, указала, что соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 7 работ, из них 3 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science. Результаты работы доложены на 5 российских и международных конференциях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Д. О. Трегубовым работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. A. Golovizin, E. Fedorova, D. Tregubov, D. Sukachev, K. Khabarova, V. Sorokin, N. Kolachevsky/ Inner-shell clock transition in atomic thulium with a small blackbody radiation shift // Nature Communications, **10**, 1724 (2019).

2. Д.О. Трегубов, А.А. Головизин, Е.С. Федорова, К.Ю. Хабарова, В.Н. Сорокин, Н.Н. Колачевский / Магические длины волн в области 800 нм для прецизионной спектроскопии внутриоболочечного перехода в атоме тулия // Квантовая Электроника, **49**(11), 1028–1031 (2019).

3. A. Golovizin, V. Bushmakina, S. Fedorov, E. Fedorova, D. Tregubov, D. Sukachev, K. Khabarova, V. Sorokin, and N. Kolachevsky / An ultrastable laser system for spectroscopy of the 1.14 μm inner-shell clock transition in Tm and its absolute frequency measurement // Journal of Russian Laser Research, **40**, 540–546 (2019).

На автореферат диссертации поступил отзыв от кандидата физико-математических наук Курельчук Ульяны Николаевны, ассистента отделения Лазерных и плазменных технологий офиса образовательных программ (М)

НИЯУ МИФИ. В отзыве Курельчук У.Н. отмечается, что актуальность работы не вызывает сомнений, так как исследуемый переход планируется использовать при создании оптических часов, разработка которых на различных атомах или ионах ведется по всему миру. В отзыве указано, что соискатель Д.О. Трегубов заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у них признанных достижений в области лазерного охлаждения и прецизионных измерений.

Диссертационный совет отмечает, что в диссертации исследованы спектральные характеристики часового перехода в атоме тулия и основные источники сдвигов частоты.

В работе получены следующие результаты:

1. Для атомов тулия, захваченных в оптическую решётку, был получен спектр часового перехода 1.14 мкм с шириной 10 Гц , что соответствует ограничению Фурье для используемого возбуждающего импульса длительностью 80 мс .
2. В спектральном диапазоне $800 - 860 \text{ нм}$ и для 1064 нм были измерены значения скалярной и тензорной динамических поляризуемостей часового перехода.
3. Для используемой в эксперименте оптической решетки была найдена магическая длина волны $813.320(6) \text{ нм}$, для которой также было определено, что для достижения точности лучше единиц 17-го знака достаточно обеспечивать стабильность частоты оптической решетки на уровне 10 МГц .
4. Для одного из переходов $|4f^{13}({}^2F^o)6s^2; J = 5/2\rangle \rightarrow |4f^{12}({}^3F_4)5d_{3/2}6s^2; J = 5/2\rangle$ на длине волны 809.5 нм с верхнего уровня часового перехода из экспериментальных данных о поляризуемости было получено значение вероятности, которое составило $A_{809.5} = 460(70) \text{ с}^{-1}$.

5. Из экстраполяции спектра динамических поляризуемостей часового перехода была определена статическая скалярная поляризуемость $\Delta\alpha^s(0) = -0.063(30)$ а.е., что приводит к оценке $2.3(1.1) \times 10^{-18}$ для относительного сдвига частоты вследствие теплового излучения окружающей среды при температуре 300 К.
6. С учетом основных источников сдвигов частоты было получено значение частоты часового перехода $262\,954\,938\,269\,213(30)$ Гц. Измерение проводилось с использованием фемтосекундной гребенки частот, стабилизированной по водородному мазеру. Калибровка частоты лазера производилась по системе ГЛОНАСС.

Результаты работы Д.О. Трегубова оригинальны и научно обоснованы. Их достоверность подтверждается адекватным выбором экспериментальных методик, использованием современного оборудования и качественным согласием результатов с теоретическими предсказаниями. Все результаты получены лично автором либо при его непосредственном участии.

Научная новизна полученных результатов обусловлена тем, что для исследуемого перехода впервые экспериментально найдена магическая длина волны. Кроме того, в работе впервые продемонстрирован спектр часового перехода в атоме тулия с шириной менее 100 Гц и впервые проведено измерение частоты этого перехода с точностью лучше 100 Гц.

Практическая значимость работы связана с тем, что полученные результаты демонстрируют возможность создания оптического репера частоты на атомах тулия с относительной погрешностью на уровне 5×10^{-18} .

В диссертационной работе решена задача поиска магической длины волны оптической решетки и характеристики основных источников сдвигов частоты для часового перехода в атоме тулия, что подтверждает возможность создания оптического репера частоты.

Результаты работы могут быть использованы в области прецизионных оптических измерений и создания стандартов частоты нового поколения, включая транспортируемые варианты оптических часов.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

На заседании 21 сентября 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Д.О. Трегубову учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 22 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.21 – Лазерная физика), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 21,

против присуждения учёной степени - 1,

недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя диссертационного совета,

д.ф.-м.н., профессор

Ионин Андрей Алексеевич

Учёный секретарь диссертационного совета,

д.ф.-м.н.

Золотко Александр Степанович

21 сентября 2020 г.