

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 32.1.004.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФГУП «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ» ФЕДЕРАЛЬНОГО
АГЕНТСТВА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И
МЕТРОЛОГИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОЙСКАНИЕ УЧЁНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17.01.2024 протокол №1

о присуждении **Белотелову Глебу Сергеевичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка систем лазерного охлаждения атомов стронция и иттербия в оптических стандартах частоты» по специальности «2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение» (технические науки) принята к защите 01 ноября 2023 г. (протокол №9) диссертационным советом 32.1.004.01 на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»), 141570, Россия, Московская область, г. Солнечногорск, р.п. Менделеево, промзона ВНИИФТРИ, корпус 11, утвержденным Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №79/нк от 26.01.2022 г.

Соискатель Белотелов Глеб Сергеевич, 1989 года рождения, в 2013 году окончил Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) по специальности «Прикладные физика и математика». В период с 2017 г. по 2022 г. проходил обучение в аспирантуре ФГУП «ВНИИФТРИ». С октября 2013 г. по н.в. работает в ФГУП «ВНИИФТРИ» в должности младшего научного сотрудника. Диссертация выполнена в научно-исследовательском отделении Главный метрологический

центр Государственной службы времени и частоты (НИО-7 ГМЦ ГСВЧ) ФГУП «ВНИИФТРИ».

Научный руководитель – Пальчиков Виталий Геннадьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ГМЦ ГСВЧ.

Официальные оппоненты:

Прудников Олег Николаевич – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник теоретической группы федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт лазерной физики СО РАН, Россия, 630090, Новосибирск;

Зибров Сергей Александрович – кандидат физико-математических наук, высококвалифицированный старший научный сотрудник лаборатории стандартов частоты Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук, Россия, 108840, г. Троицк,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Национальный исследовательский ядерный университет Московский инженерно-физический институт, (НИЯУ МИФИ), г. Москва, - в своем **положительном отзыве**, подписанном заведующим кафедрой физико-технических проблем метрологии Института лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ, д.ф.-м.н. Борисюком Петром Викторовичем, директором Института лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ, д.ф.-м.н., профессором Кузнецовым Андреем Петровичем и председателем совета по аттестации и подготовке научно-педагогических кадров НИЯУ МИФИ, д.ф.-м.н., профессором Кудряшовым Николаем Алексеевичем и утвержденным ректором НИЯУ МИФИ, д.ф.-м.н., профессором Шевченко Владимиром Игоревичем, **указала**, что основным достоинством работы Белотелова Г.С. является практическая направленность полученных автором результатов исследований. Эти исследования напрямую связаны с возможностью их применения при разработке перебазируемых оптических стандартов частоты на основе атомов иттербия. Результаты

диссертации позволяют обеспечить более эффективное охлаждение атомов стронция и иттербия в процессе разработки и испытаний оптических стандартов частоты нового поколения.

Тема диссертации актуальна, диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение важной научной задачи в области исследования систем лазерного охлаждения атомов.

Результаты диссертации обладают научной новизной, практической значимостью, прошли апробацию, в достаточной степени представлены в научных трудах автора; по теме диссертации опубликовано 14 работ в журналах, рекомендованных ВАК.

Результаты диссертационных исследований имеют перспективу использования при разработке оптических стандартов частоты нового поколения как в стационарном, так и в перебазируемом вариантах исполнения.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и корректно представляет достигнутые результаты.

Диссертация Белотелова Глеба Сергеевича «Разработка систем лазерного охлаждения атомов стронция и иттербия в оптических стандартах частоты» является законченной научно-квалификационной работой. Представленная диссертация соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук («Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительством РФ 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 11.09.2021 г.) и специальности 2.2.10 - Метрология и метрологическое обеспечение (технические науки), а ее автор - Белотелов Глеб Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10. Метрология и метрологическое обеспечение (технические науки).

В отзыве ведущей организации имеются вопросы и замечания:

1) В чем заключается новизна в схемах лазерного охлаждения? Какие предельные характеристики в оптических стандартах частоты на ультрахолодных атомах стронция и иттербия планируется достичь при полученных экспериментально значениях температуры лазерного охлаждения?

2) Если сравнивать атомы стронция и иттербия, то из текста диссертации следует, что при большем потоке из источника атомов иттербия в магнитооптическую ловушку захватывается меньшее количество атомов. Чем это вызвано?

3) Почему в диссертации используется термин «перебазируемые» стандарты, а не «возимые» или «транспортируемые»?

4) В главе 2, раздел 2.16 и в главе 4, раздел 2.14 представлены оценки неопределенности представленных методов, но не показаны весовые коэффициенты.

Ведущая организация отмечает, что имеющиеся замечания носят рекомендательный характер, не снижают научную значимость диссертации и общую положительную оценку работы.

Соискатель имеет 42 опубликованных работы по теме диссертации, в том числе 14 опубликовано в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, из них 8 - в журналах, входящих в базу RSCI. В публикациях представлены результаты научных исследований соискателя, описаны методики проведения и результаты экспериментов; во всех совместных публикациях вклад соискателя является определяющим.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения о работах, опубликованных соискателем учёной степени, не содержатся заимствованные материалы без ссылок на авторов, а также результаты научных работ, выполненных соискателем в соавторстве без ссылки на соавторов.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Семенко А.В., Луговой А.А., Вялых А.П., Белотелов Г.С., Сутырин Д.В., Слюсарев С.Н. Перспективный оптический стандарт частоты // Радиотехника. 2022. Т. 86. № 12. С. 147–151. (ВАК);
2. Вялых А.П., Семенко А.В., Сутырин Д.В., Белотелов Г.С., Слюсарев С.Н., «Комплекс микрогравитационных испытаний для мобильных и портативных оптических стандартов частоты», Измерительная техника. 2022. № 3. С. 45-52. (ВАК, Scopus);
3. Gribov, A. Y., Berdasov, O. I., Belotelov, G. S., Stelmashenko, E. F., Sutyurin, D. V., Slyusarev, S. N. (2021). Optical Frequency Standard Based on Strontium Cold Atoms. Measurement Techniques, 63, 959-965. (ВАК, Scopus);
4. Семенко, А. В., Белотелов, Г. С., Сутырин, Д. В., Слюсарев, С. Н., Юдин, В. И., Тайченачев, А. В., Пальчиков, В. Г. (2021). Анализ неопределенностей стандарта частоты на холодных атомах иттербия с использованием операционных параметров оптической решетки. Квантовая электроника, 51(6), 484-489. (ВАК, Scopus);
5. Белотелов Г. С., Сутырин Д. В., Слюсарев С. Н. Текущее состояние разработки компактных оптических реперов частоты на холодных атомах иттербия //Альманах современной метрологии. – 2021. – №. 4(28). – С. 100-108. (ВАК);
6. Грибов, А. Ю., Бердасов, О. И., Белотелов, Г. С., Стельмашенко, Е. Ф., Сутырин, Д. В., Слюсарев, С. Н. (2020). Оптический стандарт частоты на холодных атомах стронция. Измерительная техника, (12), 22-27. (ВАК);
7. Belotelov, G. S., Ovsianikov, V. D., Sutyurin, D. V., Gribov, A. Y., Berdasov, O. I., Pal'chikov, V. G., Blinov, I. Y. (2020). Lattice light shift in strontium optical clock. Laser physics, 30(4), 045501. (ВАК, Scopus);
8. Белотелов Г. С., Сутырин Д. В., Слюсарев С. Н. На пути к мобильному оптическому стандарту частоты на нейтральных атомах иттербия //Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2019. – Т. 6. – №. 1. – С. 24-31. (ВАК);

9. Бердасов, О. И., Сутырин, Д. В., Стрелкин, С. А., Грибов, А. Ю., Белотелов, Г. С., Костин, А. С., Слюсарев, С. Н. (2018). О продолжительности непрерывной работы оптического стандарта частоты на атомах стронция. Квантовая электроника, 48(5), 431-437. (ВАК, Scopus);
10. Бердасов, О. И., Грибов, А. Ю., Белотелов, Г. С., Пальчиков, В. Г., Стрелкин, С. А., Хабарова, К. Ю., Слюсарев, С. Н. (2017). Ультрастабильная лазерная система для спектроскопии часового перехода $^1S_0-^3P_0$ в атомах Sr. Квантовая электроника, 47(5), 400-405. (ВАК, Scopus);
11. Бердасов, О. И., Хабарова, К. Ю., Галышев, А. А., Стрелкин, С. А., Грибов, А. Ю., Костин, А. С., Белотелов Г. С., Слюсарев, С. Н. (2016). Оптический стандарт частоты на холодных атомах стронция. Труды Института прикладной астрономии РАН, (36), 75-82. (ВАК);
12. Хабарова, К.Ю., Галышев, А.А., Стрелкин, С.А., Костин, А.С., Белотелов, Г.С., Бердасов, О.И., Слюсарев, С.Н. (2015). Спектроскопия интеркомбинационного перехода $^1S_0-^3P_1$ для вторичного охлаждения атомов стронция. Квантовая электроника, 45(2), 166-170. (ВАК, Scopus);
13. Бердасов, О. И., Хабарова, К. Ю., Стрелкин, С. А., Белотелов, Г. С., Костин, А. С., Грибов, А. Ю., Слюсарев, С. Н. (2014). Оптические стандарты частоты на холодных атомах стронция. Альманах современной метрологии, (1), 13-36. (ВАК);
14. Хабарова, К. Ю., Слюсарев, С. Н., Стрелкин, С. А., Белотелов, Г. С., Костин, А. С., Пальчиков, В. Г., Колачевский, Н. Н. (2012). Лазерная система для вторичного охлаждения атомов стронция-87. Квантовая электроника, 42(11), 1021-1026. (ВАК, Scopus).

В положительном отзыве официального оппонента Прудникова О.Н., доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника теоретической группы федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт лазерной физики СО РАН **имеются следующие замечания (рекомендации):**

1. По всему тексту диссертации автор использует термин «перебазируемые» стандарты частоты. В литературе обычно используются термины «транспортируемые», «мобильные», «возимые». В чем причина введения нового термина?

2. В первой главе при описании результатов зарубежных лабораторий в тексте автор использует термин «НСП», а в приведенных таблицах используется термин «неопределенность».

3. Во второй и третьей главах представлены методы «оценки» количества атомов и температуры. С учетом детального описания метода, почему не использовать термин «определение»?

4. В первой главе диссертации следовало бы уделить больше внимания описанию теоретических основ лазерного охлаждения атомов.

Сделанные замечания носят, скорее, рекомендательный характер и не затрагивают основные положения диссертационной работы, а также общую положительную оценку диссертации.

Вывод официального оппонента Прудникова О.Н.:

- тема диссертации актуальна, диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение важной задачи в области разработки систем лазерного охлаждения для создания оптических стандартов частоты;

- результаты диссертации обладают научной новизной, практической значимостью, прошли апробацию, в достаточной степени представлены в научных трудах автора;

- результаты диссертационных исследований имеют перспективу использования при разработке оптических стандартов частоты нового поколения при использовании нейтральных атомов стронция и иттербия в качестве рабочей среды;

- диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.13 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Белотелов Глеб Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение (технические науки).

В положительном отзыве официального оппонента Зиброва С. А., кандидата физико-математических наук, высококвалифицированного старшего научного сотрудника лаборатории стандартов частоты Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук имеются следующие замечания и рекомендации:

1. В формулах (2.26 и далее), используемых в диссертации для оценки количества атомов в ловушках, параметр f определяется отношением телесного угла, захватываемого системой изображения к полному телесному углу 4π . Между тем, в таблицах бюджетов неопределённостей (таблицы 2.2 и 4.2) для оценки количества атомов стронция и иттербия в магнитооптической ловушке (далее - МОЛ) эта же величина уже имеет размерность [мм]. Кроме того, в перечисленных выше таблицах не указаны значения для количества атомов в МОЛ, указаны лишь суммарные значения неопределенностей для этих величин.

2. На рисунке 1.8 приводится схема, адаптированная из работы по ссылке [14], на которой, как мне кажется, некорректно указано направление распространения лазерного излучения, формирующего оптическую решетку. Также в подписи к рисунку дана ссылка на источник, в котором этой схемы нет ([13], а не [14]).

3. На странице 85 диссертации и на странице 15 автореферата в формуле для доплеровского предела охлаждения ошибочно присутствует множитель 2.

Оппонент отмечает также некоторый разноречивый в оформлении списка литературы, а также наличие опечаток и стилистических неточностей.

Перечисленные замечания не снижают общую высокую оценку диссертационной работы и носят, скорее, рекомендательный характер.

Общий вывод официального оппонента Зиброва С.А.:

Диссертация Белотелова Глеба Сергеевича «Разработка систем лазерного охлаждения атомов стронция и иттербия в оптических стандартах частоты» **является законченной научно-квалификационной работой.** Представленная диссертация соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук («Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительством РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 11.09.2021 г.) и специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение (технические науки), а ее автор – **Белотелов Глеб Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение (технические науки).**

На автореферат поступили **отзывы специалистов из 6 организаций, все отзывы положительные:**

1. от **Кобцева С.М.**, доктора физико-математических наук, заведующего Отделом лазерной физики и инновационных технологий НГУ, г. Новосибирск, с замечаниями:

- не приведены весовые коэффициенты при расчете неопределенности метода оценки количества атомов;

- не ясна применимость метода в экспериментах с другими атомами.

2. от **Стрелкова В.В.**, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника ИОФ РАН, г. Москва, с замечаниями:

- не было продемонстрировано изменение потока атомов при изменении температуры источника;

- не было продемонстрировано изменение зависимости количества атомов при изменении температуры источника.

3. от **Чернова В.Е.** - доктора физико-математических наук, доцента, профессора кафедры математической физики и информационных технологий, ВГУ, г. Воронеж:

- из текста автореферата не ясно, исследовалась ли интенсивность потока в зависимости от температуры;

4. от **Афанасьева А.Е.**, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Лаборатории лазерной спектроскопии ИСАН, г. Москва, г. Троицк, с замечаниями:

- из Таблиц 1 и 2 автореферата видно, что основной вклад в неопределенность числа частиц N_{at} в МОЛ вносит неопределенность отстройки δ лазерного излучения от частоты точного резонанса. Не ясно, чем обусловлена данная неопределенность и можно ли ее уменьшить.

- в выражении (1) величина I_{px} определяет яркость пикселя и принимает значения от 0 до 255, что позволяет говорить о 8 битовом кодировании цвета. Современные камеры используют 16 бит. Чем обусловлен выбор 8-ми битового кодирования?

- при оптимизации вторичной МОЛ атомов стронция количество перезахваченных атомов из первичной МОЛ составило 12.5%. Чем обусловлены потери атомов при перезахвате?

- из текста автореферата неясно, какая температура атомных ансамблей была получена в случае атомов стронция и иттербия.

5. от **Чекирды К.В.**, - кандидата технических наук, заместителя генерального директора ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», г. Санкт-Петербург, с замечаниями:

- из материалов автореферата не ясна универсальность предложенного метода оценки количества атомов;

- при оценке неопределенности не указаны весовые коэффициенты;

- в работе не приведен диапазон температур, при которых источник горячих атомов производит необходимый поток.

6. от **Головизина А.А.**, кандидата физико-математических наук, высококвалифицированного старшего научного сотрудника ФГБУН ФИАН, г. Москва с замечаниями:

- описываемые в тексте значения мощностей/отстроек лазерного излучения не всегда совпадают с изображенными на структурных схемах;

- в таблицах 1 и 2 для некоторых величин, например, параметр насыщения S_0 , доля телесного угла f , коэффициент пропускания оптики T_0 , которые из описания в тексте должны быть безразмерными, указаны с размерностью Вт или мм. Это скорее связано с методикой измерения, что, наверное, отражено в тексте диссертации, но из описания в автореферате этого не следует и приводит к некоторой путанице. Помимо этого, параметр S_0 приводится в таблицах 1 и 2 дважды.

7. от **Сорокина В.Н.**, доктора физико-математических наук, профессора, высококвалифицированного главного научного сотрудника ФГБУН ФИАН, г. Москва, - без замечаний.

В отзывах имеются также замечания по оформлению текста, редакционного характера и рекомендации по дальнейшим направлениям развития исследований, однако приведённые в отзывах замечания и отмеченные недостатки не снижают научной ценности и практической значимости работы.

В целом авторы отзывов заключают, что автореферат достаточно хорошо и полно освещает поставленные перед диссертантом задачи, методы их решения и достигнутые им результаты, представленная диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой и соответствует всем требованиям ВАК, автор работы – Белотелов Г.С. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их известностью, компетентностью, авторитетом и наличием

публикаций в научно-техническом направлении, к которому относится диссертация Белотелова Г.С., а также способностью однозначно определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Разработана вакуумная камера оптического спектроскопа, для проведения экспериментов по охлаждению и захвату атомов стронция и оценен уровень потока атомов, создаваемого в ней источником горячих атомов стронция.

2. Разработана и исследована система первичного охлаждения атомов стронция.

3. Разработана и исследована система вторичного охлаждения атомов стронция.

4. Разработана компактная вакуумная камера оптического спектроскопа, для проведения экспериментов по охлаждению и захвату атомов иттербия и оценен уровень потока атомов, создаваемого в ней источником горячих атомов иттербия.

5. Разработана и исследована система распределения лазерного излучения, осуществляющая его разделение по мощностям, частотным отстройкам и необходимым направлениям для охлаждения атомов иттербия.

Научная новизна полученных в работе результатов заключается в следующем:

1. Впервые получена зависимость количества атомов стронция в первичной магнитооптической ловушке оптического стандарта частоты (далее – ОСЧ) из состава ГЭТ 1-2022 при изменении частотной отстройки лазерного излучения от перехода первичного охлаждения и при изменении градиента магнитного поля.

2. Впервые предложена и реализована конструкция вакуумной камеры оптического спектроскопа, предназначенная для создания перебазируемого ОСЧ на холодных атомах иттербия.

3. Впервые предложена и реализована конструкция системы распределения лазерного излучения ОСЧ, объединяющая в себе первичное и вторичное лазерное охлаждение, что обеспечивает ее размещение на малогабаритной оптической плите 60×60 см.

4. Впервые получена зависимость количества атомов иттербия в первичной магнитооптической ловушке малогабаритного ОСЧ при изменении частотной отстройки лазерного излучения от перехода первичного охлаждения и при изменении градиента магнитного поля.

5. Впервые проведены экспериментальные исследования и оценка возможности создания в РФ перебазируемого ОСЧ на основе атомов иттербия.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

1. Разработанные системы первичного и вторичного охлаждения атомов стронция применены в ОСЧ, входящем в состав ГЭТ 1-2022.

2. Результаты разработок и исследований вакуумной камеры оптического спектроскопа и системы распределения лазерного излучения используются при изготовлении перебазируемого ОСЧ на холодных атомах иттербия.

3. Выполненные в диссертации исследования лежат в русле задач, решение которых задано дорожной картой Международного бюро мер и весов по практической реализации нового определения секунды в системе СИ. В соответствии с дорожной картой для переопределения секунды помимо стационарных ОСЧ на холодных атомах или ионах необходимы и перебазируемые ОСЧ.

Результаты работы внедрены в ФГУП «ВНИИФТРИ», что подтверждено актом об использовании результатов диссертационной работы:

- при разработке оптического репера частоты наземного базирования на холодных атомах стронция в рамках ОКР «Создание репера частоты на основе использования технологии получения холодных атомов в интересах

достижения тактико-технических характеристик системы ГЛОНАСС на 2016 г.» (шифр ОКР «Оптика»);

- при разработке опытного и экспериментального образцов оптического репера частоты в рамках ОКР «Совершенствование средств воспроизведения и хранения единиц времени и частоты в интересах достижения тактико-технических характеристик системы ГЛОНАСС на 2020 г.» (шифр ОКР «Свеча»).

Достоверность результатов исследования подтверждается результатами экспериментальных исследований, выполненных на калиброванном и сертифицированном измерительном оборудовании, а также на современных прецизионных приборах. Полученные данные согласуются с результатами, полученными в зарубежных лабораториях (с использованием альтернативных подходов).

Личный вклад автора состоит в разработке атомного спектроскопа, его сборке, отладке и связанных с этим экспериментальных исследованиях, в частности, в исследовании конфигурации магнитного поля магнитооптической ловушки; в исследовании источника горячих атомов иттербия и стронция; в разработке системы распределения лазерного излучения для охлаждения атомов; в подготовке и проведении экспериментов, обработке их результатов. Диссертант также выступал с докладами на различных международных и всероссийских научных конференциях.

В ходе защиты диссертации соискатель Белотелов Г.С. согласился с рядом замечаний и рекомендаций, изложенных ведущей организацией, оппонентами и в отзывах специалистов, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел обоснованные аргументы по ряду замечаний.

На заседании 17 января 2024 г. диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертационная работа Белотелова Г.С. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвящённую решению актуальной научной задачи в области разработки систем лазерного охлаждения для создания оптических стандартов частоты, и

соответствующую критериям, которые установлены Положением о порядке присуждения учёных степеней, утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от 26.10.2023 г.).

За решение актуальной научной задачи разработки и совершенствования систем лазерного охлаждения атомов стронция и иттербия в оптических стандартах частоты, имеющей существенное значение для развития страны в области метрологии и измерительной техники, а именно в области создания и модернизации оптических стандартов частоты, входящих в состав Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022, Диссертационный совет 32.1.004.01 принял решение присудить Белотелову Глебу Сергеевичу учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **12** человек, из них **7** докторов наук по специальности диссертации, участвовавших в заседании, из **15** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - **12**, «против» - **нет**, недействительных бюллетеней – **нет**.

Председатель диссертационного совета

А.Н. Щипунов

Учёный секретарь диссертационного совета

М.В. Балаханов



« 17 » января 2024 г.