

УТВЕРЖДАЮ

директор ФИЦ КазНЦ РАН,

член-корр. РАН, д.ф.-м.н.

 А.А. Калачев

«17» сентября 2025 г.

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 22

заседания ученого совета Казанского физико-технического института
им. Е.К. Завойского — обособленного структурного подразделения
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Федеральный исследовательский центр
«Казанский научный центр Российской академии наук»
(КФТИ — обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН)
от 17 сентября 2025 г.

Председатель: дир. ФИЦ КазНЦ РАН, чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н. Калачев А.А.

Секретарь: к.ф.-м.н. Савостина Л.И.

Присутствовали: академик РАН, д.ф.-м.н. Салихов К.М., член-корр. РАН,
д.ф.-м.н. Калачев А.А., д.ф.-м.н. Тарасов В.Ф., д.ф.-м.н. Воронкова В.К., д.ф.-
м.н. Камашев А.А., д.ф.-м.н. Вавилова Е.Л., д.ф.-м.н. Тагиров Л.Р., д.ф.-м.н.
Таланов Ю.И., д.ф.-м.н. Степанов А.Л., д.ф.-м.н. Шахмуратов Р.Н., д.ф.-м.н.
Шакуров Г.С., д.ф.-м.н. Никифоров В.Г., д.ф.-м.н. Файзрахманов И.А., к.ф.-
м.н. Хайбуллин Р.И., к.ф.-м.н. Хантимеров, к.ф.-м.н. Гаврилова Т.П., к.ф.-м.н.
Савостина Л.И., к.ф.-м.н. Зарипов Р.Б., к.ф.-м.н. Гарипов Р.Р.

Повестка дня: обсуждение диссертационной работы Суханова Андрея
Анатольевича на тему: «Закономерности формирования спиновых состояний
в молекулярных диадах» представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17 — химическая
физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Слушали: доклад старшего научного сотрудника лаборатории спиновой
физики и спиновой химии КФТИ — обособленного структурного
подразделения ФИЦ КазНЦ РАН Суханова Андрея Анатольевича на тему:
«Закономерности формирования спиновых состояний в молекулярных
диадах».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

«Федеральный исследовательский центр

«Казанский научный центр Российской академии наук»

Диссертационная работа Суханова А.А. «Закономерности формирования спиновых состояний в молекулярных диадах» выполнена в лаборатории спиновой физики и спиновой химии Казанского физико-технического института им. Е.К. Завойского — обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН.

В период её подготовки соискатель работал в лаборатории спиновой физики и спиновой химии КФТИ — обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН в должности научного сотрудника (2010–2014), старшего научного сотрудника (2014– наст. вр.).

Суханов А.А. окончил Институт физики Казанского (Приволжского) федерального университета в 2006 году по специальности «Физика». В 2009 г. он окончил аспирантуру КФТИ — обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН и защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему: «Обменные взаимодействия и спиновая динамика в гетерокластерах и интерметаллидах на основе $3d$ - и $4f$ -ионов по данным ЭПР» по специальности 01.04.11 — физика магнитных явлений.

После доклада состоялось обсуждение работы. В обсуждении работы участвовали:

академик РАН Салихов К.М.

д.ф.-м.н. Шахмуратов Р.Н.

к.ф.-м.н. Гаврилова Т.П.

д.ф.-м.н. Воронкова В.К.

Выступил рецензент: главный научный сотрудник лаборатории радиоспектроскопии диэлектриков КФТИ — обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН, д.ф.-м.н. Тарасов Валерий Фёдорович дал положительный отзыв о диссертационной работе.

По докладу были заданы следующие вопросы:

1. академик РАН Салихов К.М.: На стадии, когда получили радикальную пару, можем уже видеть спектр не триплета, а радикальной пары? Очень интересно, что в качестве промежуточного состояния могут быть 2 триплета и 2 типа спектра. Один из спектров может быть как мультиплетный эффект. Вы так не считаете?

2. д.ф.-м.н. Шахмуратов Р.Н.: В каком состоянии диспрозий? За счет чего такой большой спад? Каким образом можно управлять, чтобы перевернуть? Вы имеете молекулярный магнит, но не можете им управлять. Бывает ли 4-ядерная система, 4-ядерный спиновый кластер?

3. к.ф.-м.н. Гаврилова Т.П.: Вы говорили о термически индуцированной флуоресценции — она есть или нет? В докладе не прозвучало.

4. д.ф.-м.н. Воронкова В.К.: можно ли сформулировать направление, как «Развитие метода ЭПР для исследования молекулярных диад»?

Докладчик подробно ответил на все заданные вопросы.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

Личное участие соискателя состоит в выборе цели и постановки задач исследования, интерпретации всех полученных результатов и их обобщении, а также формулировке выводов, которые выносятся на защиту. Все эксперименты выполнены автором лично, либо при его непосредственном участии. Автор диссертационной работы принимал непосредственное участие в подготовке научных публикаций и представлял доклады на профильных российских и международных научных конференциях. По теме диссертационной работы в период с 2010 по 2025 гг. опубликовано 25 научных работ в журналах, рекомендованных ВАК.

Достоверность результатов подтверждается использованием современных экспериментальных и теоретических методов исследований, а также публикациями в высокорейтинговых российских и международных научных изданиях.

Научная новизна:

- впервые зарегистрированы три триплетных состояния в компактных диадах BODIPY-антрацен;
- впервые обнаружены два триплетных состояния в диадах фенотиазин-нафталимид с термически активированной замедленной флуоресценцией;
- впервые показан баланс двух триплетных состояний в системах на основе одинаковых хромофоров BODIPY;
- впервые экспериментально подтвержден «красный» сдвиг диполь-дипольной частоты в радикальной паре;
- впервые с помощью ЭПР зарегистрировано малое ($\approx 1 \text{ см}^{-1}$) спин-спиновое взаимодействие Dy^{3+} – Dy^{3+} в диадах, недоступное для стандартной магнитометрии.

Теоретическая и практическая значимость работы. Комплексное применение методов оптической и ЭПР-спектроскопии в нескольких частотных диапазонах совместно с квантово-химическими расчетами позволяет провести полную характеристику исследуемых диад. Это, в свою очередь, важно для уточнения теоретических моделей спиновых свойств таких систем и для направленного синтеза новых комплексов с заданными характеристиками. Показано, что магнитные свойства диад на основе $4f$ -ионов зависят не только от лигандного окружения, но и от ближайших $3d$ -ионов. Данный факт открывает новый канал управления магнитными свойствами комплексов, что может быть использовано для создания мономолекулярных магнитов с улучшенными параметрами. Полученные экспериментальные данные о фотофизических процессах в донорно-акцепторных диадах позволяют оптимизировать их оптические свойства и рассматривать эти системы как фотосенсибилизаторы нового поколения для различных областей науки и техники. Обнаруженный экспериментально «красный» сдвиг частоты диполь-дипольного взаимодействия между радикалами в радикальной паре свидетельствует о необходимости учета

релаксационных эффектов при определении химических структур методами импульсного ЭПР.

Ценность научных работ соискателя подтверждена в ходе их представления и обсуждения на конференциях: «Asia-Pacific ESR/EPR Society» (г. Нара, Япония 2014; г. Иркутск, Россия 2016; г. Брисбен, Австралия 2018); международных конференциях «Modern development of magnetic resonance» (г. Казань, Россия 2014–2017, 2019–2025), международных конференциях «Spin physics, spin chemistry and spin technology» (г. Санкт-Петербург, Россия 2015, 2025); международной конференции «SPIN 2017» (г. Падуа, Италия 2017); международной конференции «Photosynthesis and Hydrogen Energy Research for Sustainability» (г. Санкт-Петербург, Россия 2019); XXV симпозиуме «Современная химическая физика» (г. Туапсе, Россия 2013).

Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

По материалам диссертации опубликовано 25 печатных работ, все – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. Материалы диссертации полностью изложены в опубликованных работах.

Диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и «Изменений, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации № 335 от 21 апреля 2016 года. Диссертационная работа Суханова А.А. является законченной научно-квалификационной работой, которая вносит значимый вклад в развитие метода спектроскопии электронного парамагнитного резонанса в части изучения свойств спиновых диад. Автором создано новое направление, заключающееся в установлении магнитных и фотофизических характеристик широкого круга практически-важных соединений. Работа Суханова А.А. выполнена на высоком профессиональном

уровне с использованием современных теоретических и экспериментальных физико-химических методов. Работу можно квалифицировать как крупное научное достижение. Диссертация Суханова А.А. рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Заключение принято на заседании Ученого совета КФТИ — обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН. Присутствовали на заседании 19 человек. Результаты голосования:

«За» — 19.

«Против» — нет.

«Воздержался» — нет.

Председатель ученого совета КФТИ —
обособленного структурного
подразделения ФИЦ КазНЦ РАН,
член-корр. РАН, доктор физ.-мат. наук

 А.А. Калачев

Ученый секретарь,
кандидат физ.-мат. наук

 Л.И. Савостина

17 сентября 2025 года