

ПРОГРАММА

XIX Всероссийского молодежного Самарского конкурса-конференции научных работ по оптике и лазерной физике

9 ноября 2021 года, вторник

10.30 – 10.45 ОТКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ

Сопредседатель оргкомитета директор СФ ФИАН, д.ф.-м.н.

В.Н. Аязов

Сопредседатель оргкомитета зав. кафедрой оптики и спектроскопии, профессор д.ф.-м.н. **В.В. Ивахник**

Министр образования и науки Самарской области **В.А. Акопьян**

Председатель программного комитета, член-корр. РАН д.ф.-м.н.

директор ФИАН **Н.Н. Колачевский**

Заседание 1.1. ПРИГЛАШЕННЫЕ ЛЕКЦИИ

Председатель: В.Н. Аязов

10.45-11.35 **Наталья Дмитриевна Кундикова** (ЮУрГУ, ИЭФ УрО РАН, Челябинск)

Можно ли независимо управлять состоянием поляризации света на двух длинах волн?

Рассмотрены основные физические явления, которые позволяют управлять состоянием поляризации света. Показано, что как только задано преобразование состояния поляризации света на одной длине волны, на любой второй длине волны оно задается автоматически. Рассматриваются поляризационные системы, и демонстрируется возможность управления состоянием поляризации света на разных длинах волн при помощи перестройки параметров поляризационных систем.

11.35-12.25 **Иван Олегович Антонов^{1,2}, П. Столленверк¹, Ш. Венката-раманабабу¹, Б. Одом¹** (¹Центр фундаментальной физики, Северо-Западный университет, Эванстон, Иллинойс, США, ²СФ ФИАН, Самара)

Лазерное охлаждение и контроль внутренних степеней свободы молекулярных ионов

Растущий интерес к холодным и сверххолодным молекулам связан с возможностью их применения в прецизионных измерениях в фундаментальной и прикладной физике, квантово-информационных технологиях и для изучения динамики химических реакций на фундаментальном квантовом уровне. Проведение физических экспериментов, требующих манипуляций с молекулами на квантовом уровне, затруднено из-за необходимости

охлаждения и контроля внутренних молекулярных степеней свободы. Один из наиболее перспективных методов контроля - оптическая накачка электронного перехода широкополосным лазером. Этот метод был применен для контроля вращательных состояний молекулярных ионов SiO⁺. В результате были получены молекулы в "чистом" основном квантовом состоянии $|X, v=0, N=0\rangle$, возбужденных состояниях $|X, v=0, N>0\rangle$, в т.ч. суперротаторы в которых $N \gg 0$ и энергия вращения сопоставима с энергией связи кремний-кислород.

12.25- 14.00 ПЕРЕРЫВ

Заседание 1.2.

Председатель: П.А. Михеев

КОНКУРСНЫЕ ДОКЛАДЫ

14.00-14.15 **Антон Алексеевич Быков^{1,2}, А.К. Чернышов², А.П. Торбин², П.А. Михеев²** (¹ Самарский университет, ²СФ ФИАН, Самара)

Изучение активной среды лазера с оптической накачкой на метастабильных атомах неона

В работе получена лазерная генерация на метастабильных атомах неона (Ne*) в смеси Ne/He в импульсном режиме с поперечной оптической накачкой. Нарботка Ne* осуществлялась в плазме импульсно-периодического тлеющего разряда с частотой 200 кГц. Оптическая накачка на длине волны 640.2 нм, соответствующая переходу Ne s5 → p9, обеспечивалась перестраиваемым лазером на красителе Sirah PrecisionScan. Изучено влияние параметров активной среды на генерацию. Максимальная энергия генерации наблюдалась при давлении около 600 Торр, при этом порог генерации по интенсивности накачки составлял $I_{thr} = 9.4 \pm 1.1$ кВт/см².

14.15-14.30 **Ю.А. Адаменков, М.А. Горбунов, Анна Андреевна Калачева, В.А. Шайдулина** (ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров)

Генерация на метастабильных атомах аргона на длине волны 912 нм с оптической накачкой

Представлено получение генерации на метастабильных атомах аргона с оптической накачкой на длине волны 912 нм. Возбужденные атомы образуются в электрическом разряде при давлении близком к атмосферному. Накачка осуществляется излучением диодного лазера. Оценочная величина мощности генерации составляет более 1 Вт.

14.30-14.45 **Георгий Игоревич Толстов^{1,2}, О.В. Кузнецов³, Я.А. Медведков^{1,2}** (¹Самарский университет, ²СФ ФИАН, Самара, ³ФИАН, Москва)

Применение ячейки генерации девятой гармоники для мягкой ионизации молекул во времяпролетной масс-спектрометрии

Свет в вакуумном ультрафиолетовом (ВУФ) диапазоне, на длине волны 118 нм является мощным инструментом для ионизации молекул в газофазных физико-химических исследованиях. Компактный источник такого излучения был получен путем утроения

частоты третьей гармоники Nd:YAG лазера (355 нм) при прохождении через Хе:Аг газовую смесь. Приведено описание экспериментальной установки для получения 118 нм излучения, результаты генерации ВУФ при различных параметрах эксперимента. С помощью полученного излучения были проведены опыты по однофотонной ионизации ряда органических молекул.

14.45-15.00 **Владимир Сергеевич Шумигай, Е.Н. Опарин, А.Н. Цыпкин** (Университет ИТМО, Санкт-Петербург)

Угловая зависимость эффективности электрооптического детектирования терагерцового излучения в кристалле CdTe

В работе представлено исследование угловых зависимостей детектирующих свойств электрооптического кристалла телурида кадмия (CdTe) для различных углов между поляризациями зондирующего и терагерцового пучка. Наибольшие пиковые значения амплитуды терагерцового импульса были зарегистрированы при угле между поляризациями зондирующего и терагерцового пучка, равного 0 и 90 градусов.

15.00-15.15 **В.В. Ивахник, Дархан Рахметулович Капизов, В.И. Никонов** (Самарский университет)

Четырехволновое взаимодействие в волноводах с керровской и тепловой нелинейностями при больших коэффициентах отражения

В волноводах с керровской и тепловой нелинейностями при ЧВВ с большими коэффициентами отражения проанализировано влияние интенсивности волн накачки на качество ОВФ. Найдены условия точек «генерации» в двумерных волноводах с бесконечно проводящими поверхностями с керровской и тепловой нелинейностями.

ПРИГЛАШЕННЫЙ ДОКЛАД

15.15-15.45 **Алексей Петрович Торбин, П.А. Михеев** (СФ ФИАН)

Лазер на метастабильных атомах инертных газов с оптической накачкой

В настоящее время ведутся активные поиски новых принципов построения мощных лазеров, в которых бы совмещались высокая эффективность, масштабируемость и дифракционное качество излучения. Одно из наиболее перспективных направлений – преобразование излучения диодных лазеров и их сборок с помощью газовых сред. Самым известным примером является лазер на парах щелочных металлов с диодной накачкой, однако его дальнейшее развитие ограничено рядом проблем: химически агрессивная природа щелочных металлов, необходимость нагрева лазерной ячейки и обеспечения непрерывной циркуляции газа, использование в качестве буферного газа пожароопасного и химически активного в условиях лазерной среды метана или этана. Недавно в качестве химически инертного аналога была предложена схема лазера с оптической накачкой, использующая метастабильные атомы инертных газов, наработанные в импульсном газовом разряде. Как и в лазерах на парах щелочных металлов, удельный энергосъем излучения такого лазера при атмосферном давлении может составлять сотни ватт с 1 см³. Лазерная генерация происходит на длинах волн, которые лежат в ближней ИК области спектра и попадают в окна прозрачности земной атмосферы. Таким образом, предложенная схема открывает возможность создания непрерывного лазера замкнутого цикла мегаваттного уровня мощности с высоким качеством излучения. В докладе изложено современное состояние исследования лазера на метастабильных атомах инертных газов, а также представлены главные результаты в данном направлении, полученные в СФ

ФИАН.

15.45-16.00 **Перерыв**

Заседание 1.3. ПРИГЛАШЕННАЯ ЛЕКЦИЯ

Председатель: В.Н. Аязов

16.00 -16.50 **Николай Николаевич Колачевский** (ФИАН, Москва)

Квантовые вычисления с использованием одиночных ионов

В докладе обсуждается развитие направления 'Квантовые вычисления' в мире и России, представлены основные достижения с использованием многокубитных систем. Основной акцент сделан на методах и подходах, используемых при разработке квантовых вычислителей на одиночных ионах, обозначены основные проблемы и возможные методы их решения.

10 ноября 2021 года, среда

Заседание 2.1 КОНКУРСНЫЕ ДОКЛАДЫ

Председатель: Н.Е. Молевич

10.00-10.15 **Павел Сергеевич Смерчанский¹, Г.И. Ерёмченко², А.В. Горохов¹** (¹Самарский университет, Самара ² МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва)

Когерентные состояния в теории взаимодействующих кубитов

В работе методом теории групп получены вероятности нахождения на верхнем уровне двух диполь-дипольно взаимодействующих кубитов, находящихся во внешних классических полях.

10.15-10.30 **Фёдор Алексеевич Мартыненко** (Самарский университет, Самара)

Сверхтонкая структура основного состояния мюон-электронных ионов лития, бериллия, бора

Проведен расчет сверхтонкой структуры основного состояния трехчастичных мюон-электронных ионов лития, бериллия и бора в рамках квазипотенциального метода в квантовой электродинамике. Учтены поправки порядка α^3 - α^6 , связанные с эффектами поляризации вакуума, структуры и отдачи ядра, а также различные комбинированные поправки этих типов. В случае однофотонного взаимодействия, поправки на структуру ядра выражаются через зарядовый радиус ядра, а в случае двухфотонного взаимодействия, через электромагнитные формфакторы ядра. Полученные численные значения интервалов сверхтонкого расщепления могут быть использованы для сравнения с

будущими экспериментальными данными для более точного определения зарядовых ядер лития, бериллия и бора.

10.30-10.45 **Елизавета Андреевна Ярунова, А.А. Кренц, Н.Е. Молевич**
(Самарский университет, СФ ФИАН, Самара)

Исследование влияния альфа фактора на динамику широкоапертурных полупроводниковых лазеров

В работе анализируется модель, описывающая широкоапертурный лазер с вертикальным резонатором (VCSEL), которая включает в себя основные физические процессы, а также диффузию и фактор Генри, который является причиной различных нежелательных свойств лазера и характерен для полупроводников. Выполняется линейный анализ устойчивости системы и получены области неустойчивости для различных наборов параметров.

10.45-11.00 **Владислав Сергеевич Красноухов¹, М.В. Загидуллин^{1,2}**
А.М. Мебель^{1,3} (¹Самарский университет, ²СФ ФИАН, ³Международный университет Флориды)

Теоретическое исследование поверхности потенциальной энергии реакции бензила и пропаргила

В данном исследовании реакции радикалов на первом этапе рассчитываются энергии, оптимизированные структуры реагентов, промежуточных и переходных комплексов и продуктов взаимодействия бензила (C₇H₇) и пропаргила (C₃H₃) с использованием неэмпирического квантово-механического метода теории функционала плотности UB3LYP/6-311G(d,p). Колебательные частоты и энергии нулевых колебаний E(ZPE) вычислялись аналогичным методом. Далее энергии реагентов, комплексов и продуктов уточнялись на основе модифицированной комбинированной схемы E[G3] = E[CCSD(T)/6-311G**] + E[MP2/G3Large] – E[MP2/6-311G**] + E(ZPE), включающей расчетные методы высокого уровня. Данная реакция содержит также бирадикальные соединения, для которых полные энергии были рассчитаны и последующим уточнением более точными квантово-механическими методами CASSCF и CASPT2, соответственно, с базисом cc-pVDZ и активным пространством (10e, 10o). Расчет энергий синглетных бирадикальных структур выполнялся на основе следующей формулы: E(S) = E(T)[G3] + ΔE[S-T](CASPT2/cc-pVDZ) + ZPE(S). В результате данной работы показано, что в реакции C₇H₇ + C₃H₃ продуктами выступают различные продукты изомеризации начальных структур с возможными отрывами атома водорода с получением метиленинданилов или молекулы водорода, что позволяет получать метилениндены. Главным продуктом для изучения является получение нафталина, который также возможен. Данные расчеты позволят перейти к исследованию констант скорости реакции и изучению относительных выходов продуктов.

11.00-11.15 **А.А. Акимов, Салават Абдрахимович Гузаиров,**
В.В. Ивахник (Самарский университет)

Характеристики четырехволнового преобразователя излучения на тепловой нелинейности в схеме с обратной связью при больших коэффициентах отражения

Исследована пространственная селективность четырехволнового преобразователя излучения на тепловой нелинейности с учетом обратной связи на сигнальную и объектную волны при больших коэффициентах отражения. Определен оптимальный режим работы четырехволнового преобразователя, при котором наблюдается существенный рост коэффициента отражения и незначительное ухудшение качества обращения волнового фронта.

11.15-11.30 **Алексей Владимирович Эскин** (Самарский университет)
Уровни энергии квазисвязанных состояний в мюонных дейтериде лития Lid

Выполнен расчет уровней энергии квазисвязанных состояний в мюонных дейтериде лития Lid

11.30-11.45 **Перерыв**

Заседание 2.2. ПРИГЛАШЕННАЯ ЛЕКЦИЯ

Председатель: С.П. Котова

11.45-12.35 **Евгений Павлович Пожидаев** (ФИАН, Москва)
Электрооптика спиральных наноструктур жидкокристаллических сегнетоэлектриков и антисегнетоэлектриков

Рассматриваются электрооптические эффекты, обусловленные малыми деформациями спиральных наноструктур жидкокристаллических сегнетоэлектриков и антисегнетоэлектриков в электрическом поле, а также наиболее перспективные дисплейные и фотонные устройства на основе этих эффектов.

12.35- 14.00 ПЕРЕРЫВ

Заседание 2.3. ПРИГЛАШЕННАЯ ЛЕКЦИЯ

Председатель: С.П. Котова

14.00 – 14.50 **Алексей Алексеевич Калачёв** (ФИЦ КазНЦ РАН, Казань)
Квантовые повторители

Обсуждаются принципы работы квантовых повторителей и современное состояние разработок в области дальнедействующей квантовой связи. Особое внимание уделяется проблемам создания оптической квантовой памяти - основного элемента квантового повторителя.

14.50-15.10 **Перерыв**

15.10-17.30

Заседание 2.4 КОНКУРСНЫЕ ДОКЛАДЫ. СТЕНДОВАЯ СЕКЦИЯ
Председатель: А.М. Майорова

15.10-15.15 **Никита Владимирович Васильев, В.В. Смирнов, О.М. Алыкова, А.В. Рыбаков** (Астраханский государственный университет)

Линза с изменяющейся кривизной поверхности как оптический элемент системы технического зрения

В настоящей работе была предпринята попытка понять возможности жидких линз и перспективы их использования для различных конструкций технического зрения.

15.15-15.20 **Яна Сергеевна Генералова** (НИУ «Московский институт электронной техники»)

Оптические свойства тонких пленок халькогенидных бинарных соединений $As_{100-x}S_x$ и Sb_2Se_3 для интегральных элементов фотоники ИК-диапазона

Бинарные халькогенидные полупроводники, обладающие широкой областью прозрачности в ИК-диапазоне, являются перспективными материалами для создания энергонезависимых многоуровневых устройств интегральной фотоники. В данной работе тонкие пленки Sb_2Se_3 и $As_{100-x}S_x$ исследовались методом спектрофотометрии. Результаты расчетов позволили установить, что исследуемые пленки системы $As_{100-x}S_x$ обладают меньшим поглощением в ИК области спектра, а также большим диапазоном прозрачности и значениями ширины оптической запрещенной зоны по сравнению с Sb_2Se_3 и $Ge_2Sb_2Te_5$.

15.20-15.25 **Родион Константинович Захаров, Е.К. Башкиров** (Самарский университет)

Динамика кубитов в нелинейной двухатомной модели Тависа-Каммингса при наличии среды Керра и диполь-дипольного взаимодействия

Мы исследовали динамику двух кубитов, взаимодействующих с одномодовым тепловым квантовым электромагнитным полем микроволнового резонатора со средой Керра. Используя точное решение для рассматриваемой модели, мы вывели кубит-кубитную отрицательность для отдельных когерентных начальных состояний кубитов. Мы показали, что начальное когерентное взаимодействие кубитов может значительно повысить степень запутанности кубитов при наличии керровской нелинейности и диполь-дипольного взаимодействия даже при высоких значениях теплового поля.

15.25-15.30 **А.А. Акимов, В.В. Ивахник, Ксения Геннадьевна Казакова** (Самарский университет)

Четырехволновое взаимодействие на резонансной и тепловой нелинейностях в схеме с обратной связью

Получена система дифференциальных уравнений для пространственных спектров сигнальной и объектной волн, температурных решеток при четырехволновом взаимодействии на резонансной и тепловой нелинейностях в схеме с обратной связью. Проанализированы зависимости амплитудного коэффициента отражения четырехволнового преобразователя от параметров кольцевого резонатора и интенсивности волн накачки.

15.30-15.35 **Любовь Ивановна Крикунова, А. Николаев, Д.П. Порфирьев** (Самарский университет, СФ ФИАН, Самара)

Поверхность потенциальной энергии реакции метинового радикала (СН) с молекулой синильной (НСN)

Исследована реакция взаимодействия метинового радикала СН с молекулой синильной кислоты НСN. Наиболее вероятный механизм взаимодействия приводит к получению молекулы (Н₂) или атома водорода (Н) в качестве продуктов, а также циклических и линейных радикалов, интересных для дальнейшего изучения. Полученный механизм течения реакции даёт возможность говорить о возможности получения в реакциях с нитрилами строительных блоков цепочек ДНК в условиях холодного космоса. Найдены геометрии, частоты колебаний, энергии нулевых колебаний и значения относительных потенциальных энергий для всех реагентов, продуктов, промежуточных состояний и соединяющих их переходных состояний с использованием методов квантовой химии.

15.35-15.40 **Анатолий Николаев^{1,2}, В.Н. Аязов^{1,2}, А.М. Мебель^{1,3}** (¹Самарский университет, ²СФ ФИАН, ³Международный университет Флориды)

Изучение диаграмм поверхностей потенциальной энергии молекулярных систем С₄Н₆+СН

Химические реакции на поверхности потенциальной энергии С₅Н₇ имеют существенную роль в зарождении полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Данное теоретическое исследование посвящено изучению реакций взаимодействия метилидинового радикала (СН) с различными ациклическими изомерами С₄Н₆ и проводилось в условиях скрещенных молекулярных пучков при однократных столкновениях молекулярных реагентов. Оно вносит неоценимый вклад в расширение границ познаний в областях астрофизики и астрохимии. Были проведены квантово-механические вычисления четырех систем С₄Н₆+СН с целью построения и качественного анализа диаграмм поверхности потенциальной энергии (ППЭ), а для количественного анализа уже использовался метод Райса-Рамспергера-Касселя-Маркуса статистической физики (РРKM), позволивший рассчитать кинетические константы реакций. Одной из ключевых предпосылок текущего исследования было обнаружение пятичленного углеводородного кольца, циклопентадиена, в качестве доминирующего продукта реакций в системах С₅Н₇.

15.40-15.45 **Наталья Алексеевна Полуэктова, Д.А. Шишкина, А.Н. Базанов, Р.А. Перебалин** (Самарский университет)

Исследование электрических и оптических свойств фоточувствительных структур пониженной размерности на основе кремния

В данной работе приведены результаты исследования электрических и оптических свойств фоточувствительных структур пониженной размерности на основе кремния. Показано положительное влияние наноструктур кремния на вольт-амперные характеристики. Наблюдается заметное повышение спектральной чувствительности. Показано влияние толщины покрытия на характеристики фоточувствительных структур.

15.45-15.50 **Изабелла Анатольевна Серебрякова^{1,2}, Ю.И. Сурков^{1,2}, Э.А. Генина^{1,2}, Е.Н. Лазарева^{1,2}, Я.К. Кузинова³, О.М. Конопацкова³,**

А.Н. Башкатов^{1,2}, В.В. Тучин^{1,2,4} (¹СГУ им. Чернышевского, Саратов; ²Томский государственный университет, ³СГМУ им. В.И. Разумовского, ⁴Институт проблем точной механики и управления РАН, Саратов)

Мультимодальный метод исследования новообразований кожи человека при оптическом просветлении in vivo

Применение оптического просветления (ОП) кожи может способствовать повышению эффективности фотодинамической терапии (ФДТ) кожи за счёт уточнения локализации опухоли и увеличения глубины проникновения излучения в ткань. В работе участвовали добровольцы в возрасте от 49 до 78 лет, давшие информированное согласие на проведение исследований. В качестве объекта исследования были выбраны области с новообразованиями (базальноклеточный рак и доброкачественные новообразования) и близлежащие здоровые участки кожи для сравнения. В качестве оптически просветляющих агентов (ОПА) использовался 40% водный раствор глицерина, который наносился на исследуемый участок на 10 минут. Результат ОП регистрировался с помощью ОКТ до и после аппликации ОПА. Полученные томограммы использовались для определения увеличения глубины проникновения света в кожу под действием ОПА. Описанный мультимодальный подход позволяет оценить общее состояние кожи, обозначить границы новообразования и оценить его размеры, а также определить его внутреннюю структуру.

15.50-15.55 **А.Н. Агафонов, Н.В. Латухина, Диана Рашитовна Суюндукова** (Самарский университет)

Исследование нанокompозитов пористого кремния с гидроксипатитом методами оптической микроскопии

В работе проводились исследования осадков суспензий и коллоидных растворов гидроксипатита (ГАП), пористого кремния (ПК) и нанокompозитов ПК+ГАП методами оптической и растровой электронной микроскопии. Осаждение проводилось из суспензий с разной временной выдержкой.

15.55-16.00 **Павел Алексеевич Хорин** (Самарский университет)

Выбор параметров опорного пучка для улучшения визуализации слабых aberrаций в нелинейных интерферограммах

Предполагается, что более сложная картина распределения интенсивности в результирующей плоскости исследуемой оптической системы (интерферограмма) даёт возможность более точно детектировать и интерпретировать aberrации в анализируемом волновом фронте при помощи цифровой обработки сигнала и интеллектуального анализа данных. Рассматриваются различные опорные пучки для генерации кольцевых, кубических интерферограмм и анализа слабых aberrаций волнового фронта. Проведён сравнительный анализ усреднённых по видам aberrаций значений MSE кубической и кольцевой интерферограммы с линейной.

16.00-16.05 **Артем Алексеевич Лактионов, О.М. Алыкова, А.В. Рыбаков, В.В. Смирнов** (Астраханский Государственный Университет)

Магнитные наноконтейнеры для лечения онкологических заболеваний

Работа посвящена одному из возможных решений человеческой проблемы 21-го века – противодействию онкологическим заболеваниям, в работе рассматривается, возможный вариант решения проблемы методом использования доставки лекарства при помощи магнитных нано-контейнеров.

16.05-16.10 Юлия Алексеевна Фролова, Н.А. Малютина, Д.Н. Артемьев, А.А. Шацкая (Самарский университет)

Цифровая оптическая модель канала сбора рассеянного излучения Рамановского зонда

Разработана цифровая оптическая модель собирающего канала Рамановского зонда с минимальным набором элементов. Объектом исследования является отрезающий фильтр, смоделированный с помощью ПО «MCalc». Проведен анализ работы оптической модели и расчет допусков на положения ее элементов.

16.05-16.10 Алексей Александрович Воробьёв (Самарский университет)

Расчет энергетической эффективности непрерывных кислородно-иодных лазеров с использованием упрощенных моделей генерации

На основе двухуровневой модели генерации, учитывающей кинетические и оптические потери, получены уравнения для расчета энергетической эффективности непрерывных кислородно-иодных лазеров (КИЛ) с различными типами накачки. Режимы работы непрерывных КИЛ представлены в виде двумерных цветовых карт, на которых энергетическая эффективность отображается как функция двух критериев подобия – относительного времени пребывания активной среды в резонаторе и эффективности резонатора.

16.10-17.00 Общие вопросы

11 ноября 2021 года, четверг

СЕМИНАР БИОФОТОНИКА

Заседание 3.1_Бф. Председатель: В.П. Захаров

ПРИГЛАШЕННАЯ ЛЕКЦИЯ

10.00-10.50 **Юрий Николаевич Кульчин** (Институт автоматике и процессов управления ДВО РАН, Владивосток)

Свет, как фактор управления процессом развития растений

Свет является одним из наиболее важных факторов развития растений, регулируя в них процессы фотосинтеза, морфогенеза, метаболизма, экспрессию генов и другие физиологические и биохимические реакции. Как правило, при описании процессов, влияющих на рост растений, учитывают такие характеристики светового излучения, как интенсивность, спектральный состав и фотопериод. Однако на практике реальная ситуация оказывается более сложной. Сегодня, когда особое внимание во всем мире уделяется развитию контролируемого сельского хозяйства, основанного на широком применении светодиодного освещения, необходимо учитывать и другие количественные и качественные характеристики излучения. К таким характеристикам следует отнести достигаемые значения фотосинтетически активного излучения, динамику изменения интенсивности, состава и распределения спектра освещения, направление, когерентность и поляризацию освещения. Именно эти, отсутствующие в обычном солнечном свете, уникальные свойства излучения оказались доступными с использованием лазерного и светодиодного излучения. Представлены результаты исследования влияния смены спектрального состава и интенсивности полихроматического излучения на развитие растений и производство ими первичных и вторичных метаболитов.

КОНКУРСНЫЕ ДОКЛАДЫ

10.50-11.05 **Вадим Дмитриевич Генин^{1,2}, Э.А. Генина^{1,2}, А.Б. Бучарская³, Г.С. Терентюк³, Н.Г. Хлебцов^{1,4}, В.В. Тучин^{1,2}, А.Н. Башкатов^{1,2}** (¹СГУ им. Чернышевского, Саратов; ²Томский государственный университет, ³СГМУ им. В.И. Разумовского, ⁴Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, Саратов)

Оптические свойства тканей холангиокарциномы в спектральном диапазоне 350-2250 нм при плазмонной фототермической терапии

Проведено исследование оптических свойств (коэффициента поглощения и транспортно-коэффициента рассеяния) в диапазоне 350-2250 нм модельных опухолей холангиокарциномы крысы. В эксперименте участвовали 10 белых лабораторных крыс с подкожно привитыми опухолями, 5 из которых вошли в контрольную группу, а 5 - в экспериментальную, подразумевающую двукратное внутривенное введение дозы суспензии золотых наностержней (ЗНС) с общей концентрацией 800 мкг/мл. Изменение коэффициента поглощения в полосах поглощения воды свидетельствует об обезвоживании тканей опухоли и отеке окружающих тканей при их перегреве в результате ФТТ. Увеличение поглощения гемоглобина связано с разрушением микрососудов крови.

11.05-11.20 **Ксения Юрьевна Кандурова¹, А.А. Палалов¹, Е.С. Серёгина¹, В.В. Дрёмин^{1,2}, Е.В. Потапова¹** (¹Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орёл, ²Астонский университет, Великобритания)

Методология исследования оптических свойств печени

Представлены результаты измерений пропускания и диффузного отражения срезов тканей печени крысы и последующего расчета оптических характеристик методом добавления-удвоения после процедуры перфузии печени изотоническим раствором. Данный подход был применен для устранения влияния на результаты высокого поглощения света кровью. Измеренные спектры и рассчитанные зависимости коэффициентов поглощения и рассеяния демонстрируют эффективность предложенного подхода и перспективность дальнейшего усовершенствования методологии.

11.20-11.35 **Надежда Владимировна Голубова¹, Н.И. Поленов², К.А. Закураева², Е.В. Потапова¹, В.В. Дремин^{1,3}, М.И. Ярмолинская², А.В. Дунаев¹, И.Ю. Коган²** (¹Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орёл, НИИ Акушерства, гинекологии и репродуктологии имени Д.О. Отта, Санкт-Петербург, ³Астонский университет, Великобритания)

Мультимодальная спектроскопия и визуализация в задачах миниинвазивной хирургии

В работе описан мультимодальный подход к оптической диагностике в задачах миниинвазивной хирургии. Описана технология совмещения методов лазерной спекл-контрастной, флуоресцентной и гиперспектральной визуализации со стандартным жестким лапароскопическим инструментом малого диаметра. Показаны результаты апробации мультимодальной лапароскопической визуализации на фантомах и биологической ткани. Также представлены результаты применения методов флуоресцентной спектроскопии и лазерной доплеровской флоуметрии в клинической практике врача акушера-гинеколога.

11.35-11.50 **Перерыв**

Заседание 3.2_Бф. Председатель: В.А. Жукова

КОНКУРСНЫЕ ДОКЛАДЫ

11.50-12.05 **Екатерина Николаевна Лазарева^{1,2}, А.Ю. Зюбин³, Н.И. Дихт⁴, Н.А. Шушунова¹, А.Б. Бучарская^{2,3}, И.Г. Самусев⁴, В.В. Тучин^{1,2,5}** (¹СГУ им. Чернышевского, Саратов; ²Томский государственный университет, ³БФГУ им. Канта, Калининград, ⁴СГМУ им. В.И. Разумовского, ⁵Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, Саратов)

Исследование оптических свойств белков крови (гемоглобина и альбумина) и их гликированных фракций методами рефрактометрии, флуоресцентной спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния

В данной работе детально изучены оптические свойства гемоглобина и альбумина, а также их гликированных форм методами рефрактометрии, флуоресцентной спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния (КР). Анализ спектрального сдвига спектров комбинационного рассеяния показал хорошее различие двух фракций белков, что указывает на различия в их молекулярной структуре. Спектры флуоресценции, измеренные при длинах волн возбуждения 260, 270 и 280 нм, также указывают на различия в молекулярной структуре. Впервые были измерены температурные зависимости показателя преломления для HbA1c и гликированного альбумина в широком диапазоне длин волн в видимой и БИК областях спектра. Также в работе показано сравнение температурной зависимости показателя преломления для гемоглобина и альбумина, полученного из цельной крови здоровых добровольцев и пациентов с сахарным диабетом. Полученные данные могут служить основой для дальнейшего изучения оптических свойств гликозилированных белков, а выявленные особенности оптических характеристик гликированных форм гемоглобина и альбумина дадут возможность производить анализ гликированных фракций в пробах крови без специальных химических реакций.

12.05-12.20 **Анастасия Денисовна Миронова¹, Ю.В. Каргина^{1,2}, О.С. Павлова^{2,3}, А.М. Перепухов⁴, В.Ю. Тимошенко^{1,2}** (¹НИЯУ МИФИ, ²МГУ имени М.В.Ломоносова, физ. фак., ³МГУ имени М.В.Ломоносова, фак. фундаментальной медицины, Москва, ⁴МФТИ, Долгопрудный)
Наночастицы как контрастные агенты в магнитно-резонансной томографии

В работе изучается возможность применения наночастиц на основе кремния, гадолиния и европия в качестве контрастных агентов для магнитно-резонансной томографии. Проведены оптические исследования наночастиц, измерены времена продольной и поперечной релаксаций водных суспензий наночастиц. Изучено температурное влияние на протонную релаксацию водных сред. Проведена оценка температурной чувствительности исследуемых образцов.

12.20-12.35 **Анастасия Алексеевна Шацкая, Д.Н. Артемьев** (Самарский университет)

Проектирование оптоволоконных спектральных биомедицинских зондов с учетом свойств фильтрующих покрытий

В настоящей работе приведено оптическое моделирование системы, реализующей собирающий канал оптоволоконного зонда. Система предназначена для сбора комбинационного рассеяния от образца, фильтрации диффузно рассеянного лазерного излучения, фокусировки излучения в оптоволокно для его передачи на вход спектрометра. Проведен анализ влияния характеристик пропускания фильтрующих покрытий оптической схемы на форму спектра комбинационного рассеяния. Результаты моделирования могут быть направлены на оптимизацию спектроскопических систем, предназначенных для сбора и фильтрации слабых сигналов.

ПРИГЛАШЕННЫЙ ДОКЛАД

12.35-13.05 **О.И. Баум, Екатерина Михайловна Касьяненко, Алексей Васильевич Южак, Ю.М. Александровская** (Институт Фотонных Технологий ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва)

Лазерное воздействие на патологически измененную капсулу хрусталика глаза.

Одним из актуальных направлений применения лазеров в офтальмологии является хирургия катаракты и уменьшение числа негативных реакций на хирургическое вмешательство. В послеоперационном периоде часто наблюдается помутнение капсульной сумки хрусталика и риск развития контракционного капсулярного синдрома, связанного с изменением биомеханических свойств системы хрусталик + капсульная сумка. В работе проводилось изучение биомеханики этой системы и исследование влияния на нее различных параметров лазерного воздействия.

13.05-14.20 ПЕРЕРЫВ

Заседание 3.3_Бф **Председатель: И.А. Братченко**

ПРИГЛАШЕННАЯ ЛЕКЦИЯ

14.20-15.10 **И.Н. Завестовская, Анастасия Андреевна Фроня** (ФИАН, Москва)

Технологии UV фотосенсибилизированной инактивации вирусов

Продолжающаяся пандемия, связанная с распространением вируса SARS-CoV-2, привела к активизации работ по поиску не только специфических средств профилактики и лечения, но и эффективных средств для борьбы с накоплением и распространением инфекционных агентов в окружающей среде. Наличие средств безопасной для человека обработки контактных поверхностей с целью инактивации вирусов и бактерий позволит в существенной степени снизить риск передачи вируса от человека к человеку, либо уменьшить количество патогенных микроорганизмов. В докладе представлены результаты исследований, проводимых ФИАН им. П.Н. Лебедева совместно с ФГБУ НИЦЭМ им. Н.Ф. Гамалеи, по воздействию ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн UVA, безопасном для человека, на инфекционные свойства коронавируса. Анализируются полученные результаты по дозозависимому снижению инфекционного титра вируса в зависимости от времени обработки. Обсуждаются возможные механизмы воздействия UV излучения. Полученные в ходе исследований результаты могут стать основой разработки безопасной для человека технологии дезинфекции светом, которая в перспективе может стать универсальной и, безусловно, самой биосовместимой стратегией борьбы с патогенными биологическими агентами, независимо от того, являются ли они вирусами, бактериями или грибами. «Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-04-60292».

ПРИГЛАШЕННЫЙ ДОКЛАД

15.10-15.40 **Д.К. Тучина,^{1,2} Е.Н. Лазарева,^{1,2} Р.А. Анисимов,¹ Р.А. Верховский,¹ М.В. Ломова,¹ А.А. Доронкина,¹ А.М. Мыльников,³ Н.А. Наволокин,³ В.И. Кочубей,¹ Ирина Юрьевна Янина^{1,2}** (¹СГУ им. Чернышевского, Саратов; ²Томский государственный университет, ³СГМУ им. В.И. Разумовского, Саратов)

Цитотоксичность различных типов апконверсионных наночастиц с оболочками. Обзор

В работе приведен обзор результатов исследований по выявлению токсичности различных типов апконверсионных наночастиц. Апконверсионные частицы являются перспективными для визуализации структуры биологических тканей и органов в люминесцентном свете, а также для использования при диагностике заболеваний и фотоиндуцированной терапии. Рассмотрены наночастицы с дополнительными оболочками или функционализированные при помощи покрытия поверхности адресными или фотоактивными молекулами, позволяющими создание частиц с несколькими модальностями. Отдельно рассмотрена фототоксичность таких частиц. При использовании наночастиц для терапии или диагностики состояния живых объектов вопрос токсичности является актуальным. Токсичное воздействие апконверсионных наночастиц на организм зависит от их концентрации при введении, а также от общего количества наночастиц, соотнесенного с весом организма. Из рассмотренных концентрационных зависимостей, на основе результатов гистологических и биохимических исследований, показано, что у таких частиц, как правило, не наблюдалось заметной токсичности и предельно допустимой концентрацией частиц можно считать 2 мг/мл.

КОНКУРСНЫЕ ДОКЛАДЫ

15.40-15.55 **Валерий Витальевич Шуплецов¹, О.А. Стельмашук¹, Е.А. Жеребцов^{1,2}** (¹Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орёл, ²Университет Оулу, Финляндия)

Динамика параметров времени жизни флуоресценции флавинов кожи при электрофорезе адреналина

В работе представлены результаты измерений параметров интенсивности и времени жизни флуоресценции кожи предплечья человека в спектральном диапазоне эмиссии флавинов при электрофорезе адреналина. Полученные данные указывают на наличие связи изменений регистрируемых параметров с активностью работы фермента моноаминоксидазы (МАО) клеток кожи.

15.55-16.10 **Юрий Игоревич Сурков^{1,2}, И.А. Серебрякова^{1,2}, А.Н. Башкатов^{1,2}, Э.А. Генина^{1,2}** (¹СГУ им. Чернышевского, Саратов; ²Томский государственный университет, Томск)

ОКТ-мониторинг объёмной доли воды и ПЭГ-300 в коже при ее оптическом просветлении ex vivo

В настоящей работе реализован простой метод мониторинга объемной доли воды и оптического просветляющего агента (ОПА) в образце кожи, измеряя средний групповой показатель преломления и геометрические характеристики кожи крысы в процессе её

оптического просветления (ОП) ПЭГ-300 при помощи оптической когерентной томографии (ОКТ). Основным преимуществом данного метода ОКТ-мониторинга является то, что он позволяет одновременно и непрерывно отслеживать как средний по толщине групповой показатель преломления и геометрическую толщину, так и объемные доли воды и ОПА в образце кожи без прерывания естественного хода процесса ОП и без изменения начального положения образца, что позитивно сказывается на точности измерений.

16.10-16.25 **И.А. Матвеева, Ю.А. Христофорова, Л.А. Братченко, О.О. Мякинин, И.А. Братченко** (Самарский университет)

Анализ рамановских спектров методом разрешения многомерных кривых (MCR)

Целью данной работы является изучение возможности применения для анализа рамановских спектров метода разрешения многомерных кривых (MCR). Возможность разложения спектров смесей на составляющие и влияние шума в спектрах на результат разложения изучены на примере смесей аминокислот. Экспериментальные спектры аминокислот зарегистрированы при помощи рамановского микроскопа ADF U300. Спектры смесей аминокислот смоделированы искусственно. К экспериментальным и смоделированным спектрам аддитивно добавлен шум различной интенсивности с нормальным распределением. С использованием метода MCR было выполнено разделение рамановских спектров аминокислот на компоненты. Сравнение полученных значений концентраций аминокислот с соответствующими истинными значениями показало, что использование данного метода позволяет успешно оценивать концентрации аминокислот в смеси даже при наличии в спектрах шума. Также в работе предпринята попытка MCR-анализа *in vivo* рамановских спектров здоровой кожи и кожи с различными новообразованиями. Результаты исследования могут быть использованы в области медицинской диагностики для анализа рамановских спектров кожной ткани и определения ее состава.

12 ноября 2021, пятница

Заседание 4.1 КОНКУРСНЫЕ ДОКЛАДЫ

Сопредседатели: *Е.Ю. Тарасова, А.П. Торбин*

10.00-10.15 **Роман Шамильевич Бикмурзин^{1,2}, Е.В. Александров^{1,3}, С.П. Котова^{1,2}, Н.Н.Лосевский¹** (¹СФ ФИАН, ²Самарский университет, ³Самарский государственный технический университет, Самара)

Влияние лазерного излучения на формирование металл-органического координационного полимера MIL-53(Fe)

Металл-органические координационные полимеры – перспективный класс соединений благодаря уникальному строению и свойствам. Представлен синтез координационного полимера MIL-53(Fe) с использованием лазерного излучения.

10.15-10.30 **Артемий Витальевич Кузнецов^{1,2}, М.В. Минченко¹, Т.П. Ткаченко¹, Е.П. Пожидаев^{1,2}** (¹ФИАН, ²Московский авиационный институт (НИУ), Москва)

Квадратичный электрооптический эффект в ферриэлектрическом жидком кристалле

Обнаружен квадратичный электрооптический эффект в ферриэлектрическом жидком кристалле с субволновым шагом спирали порядка 100 нм. Впервые получена ферриэлектрическая петля гистерезиса в широкотемпературной фазе жидкого кристалла, существующей в диапазоне температур от -3 до $+36^{\circ}\text{C}$. Измерена температурная зависимость коэффициента Керра этой структуры, значение которой при температуре человеческого тела составляет $200 \text{ нм}/\text{V}^2$, что является максимальным значением этого коэффициента по сравнению с любыми известными электрооптическими средами. Это означает, что ферриэлектрический жидкий кристалл является самой низковольтной электрооптической средой по сравнению с любыми известными средами.

10.30-10.45 **Мария Евгеньевна Федянина, П.И. Лазаренко, А.О. Якубов** (НИУ МИЭТ)

Исследование термооптических свойств аморфных тонких пленок $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ различной толщины

Тонкие пленки $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ успешно применяются в различных устройствах электрической и оптической памяти. Однако дальнейшее развитие данных устройств ограничено дрейфом оптических и электрофизических параметров тонких пленок в аморфном состоянии. В работе с помощью метода эллипсометрии определены параметры обратимого термооптического эффекта для тонких пленок $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, их зависимость от толщин пленки, а также наличие необратимого дрейфа оптических параметров в процессе выдержки.

10.45-11.00 **А.С. Ерофеев, Н.В. Латухина, Дмитрий Андреевич Услин** (Самарский университет, Самара)

Влияние рентгеновского излучения на электрические характеристики структур с ПК

В данной работе производился сравнительный анализ вольт-амперных характеристик (ВАХ) структур с пористым кремнием, прошедших обработку рентгеновским излучением, измеренных с интервалом в 1,5 месяца. Сравнение ВАХ показывает незначительные их изменения, а максимальная отдаваемая мощность образцов уменьшилась на несколько процентов.

11.00-11.15 **Александр Андреевич Колмаков, А.С. Темерева, Р.И. Анисимов, К.М. Мамбетова, С.М. Шандаров** (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск)

Особенности фотовольтаического агрегирования наночастиц оксида алюминия на поверхности легированных медью кристаллов X-среза ниобата лития

Проведен анализ формирования на начальном участке электрического поля пространственного заряда, создаваемого в кристалле $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ X-среза с диффузионным легированием при засветке одномерным эллиптическим гауссовым пучком. Экспериментально реализована агрегация наночастиц Al_2O_3 из суспензии на поверхности таких образцов электрическими полями голограмм, формируемых двумя эллиптическими лазерными пучками.

11.15-11.30 **Александра Александровна Жукович-Гордеева^{1,2}, Т.П. Ткаченко¹, А.А. Жуков², Е.П. Пожидаев^{1,2}** (¹ФИАН, ²Московский авиационный институт (НИУ), Москва)

Влияние анизотропии поверхностной энергии полимерных покрытий на оптическое качество негеликоидальных жидких кристаллов

Исследована анизотропия свободной поверхностной энергии полимерных покрытий в зависимости от количества циклов придания анизотропии. Изучено влияние анизотропии поверхностной энергии на контрастное отношение ячейки с негеликоидальным смектическим С* жидким кристаллом.

11.30- 11.45 **Андрей Дмитриевич Ремзов, М.В. Савельев**

Нестационарное четырехволновое взаимодействие в прозрачном растворе наночастиц в поле тяжести Земли

Проведен анализ временной зависимости пространственного спектра объектной волны при четырехволновом взаимодействии в прозрачном растворе наночастиц. Показано, что существует оптимальное время записи динамических решеток, при котором ширина провала в модуле пространственного спектра объектной волны минимальна. Это время монотонно уменьшается с ростом эффективной массы наночастиц, растворенных в прозрачной жидкости.

11.45- 12.00 **Перерыв**

Заседание 4.2 ПРИГЛАШЕННАЯ ЛЕКЦИЯ

Председатель: В.В. Ивахник

12.00- 12.50 **Станислав Михайлович Шандаров, Е.Н. Савченков, Н.И. Буримов** (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск)

Периодические структуры в фоторефрактивных и сегнетоэлектрических кристаллах: формирование и эффекты взаимодействия и дифракции световых волн

Предметом лекции являются основные физические явления, проявляющиеся при формировании периодических структур в фоторефрактивных и сегнетоэлектрических кристаллах, а также при взаимодействии и дифракции световых волн на создаваемых такими структурами возмущениях оптических свойств. Представлены результаты теоретического анализа и экспериментальных исследований возмущений оптических свойств, создаваемых при двухпучковом взаимодействии лазерных пучков на фоторефрактивных голограммах, а также периодическими доменными структурами (ПДС) в сегнетоэлектрических кристаллах ниобата и танталата лития. Рассмотрена методика выявления дополнительных вкладов в эффекты взаимодействия света на отражательных и пропускающих голограммах в кристаллах различной симметрии и результаты её экспериментальной реализации с использованием голографической интерферометрии. Обсуждаются характеристики адаптивных голографических интерферометров, предназначенных для измерения спектра механических колебаний отражающих объектов и основанных на встречном и попутном вариантах взаимодействия лазерных пучков на динамических голограммах, формируемых

за счет диффузионного механизма в кристаллах класса силленитов. Представлены результаты теоретического анализа возмущений диэлектрического тензора на частоте световой волны периодическими доменными структурами в сегнетоэлектрических кристаллах ниобата и танталата лития. Анализируются наблюдаемые экспериментально различные виды линейной дифракции света на ПДС в ниобате и танталате лития, такие как коллинеарное взаимодействие; изотропная и анизотропная дифракция Брэгга. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Госзадания на 2020–2022 годы (задание FEWM-2020-0038/3).

12.50-14.20 ПЕРЕРЫВ. ЗАСЕДАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ.

Заседание 4.3 ПРИГЛАШЕННЫЕ ДОКЛАДЫ **Председатель: С.П. Котова**

14.20-14.50 Иван Юрьевич Ерёмчев

14.50-15.20 **А.О. Дмитриенко,^{1,2} М.И. Бузин,² З. Сатифи,^{3,4} Ф. Сетифи,⁴ Евгений Викторович Александров,^{5,6} Е.Д. Воронова,¹ А В. Вологжина¹** (¹Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН, ²МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, ³Университет Скикда, Алжир, ⁴Университет Ферхат Аббаса, Сетиф 1, Алжир, ⁵Самарский Политех, ⁶СФ ФИАН, Самара)

Трансформации 1D → 3D в твердом теле полинитрильных координационных полимеров под действием лазерного излучения

В кристаллических структурах двух цепочечных координационных полимеров $[M([(NC)_2CC(O(CH_2)_3OH)C(CN)_2)(H_2O)_2)]$ ($M = Ni(II)$ и $Co(II)$) с N,O или N,N'-координированным мостиковым полинитрильным лигандом параллельные цепи связаны водородными связями $CN \cdots H - O$ и $O - H \cdots O$ между некоординированными функциональными группами лиганда и координированными молекулами воды [1]. Мы обнаружили, что при облучении Хе-лазером (365 нм, источник 200 Вт) или нагревании (130 °К в течение 30 мин) оба твердых вещества подвергаются дегидратации, что сопровождается разложением их монокристаллов [2]. Порошковая дифракция рентгеновских лучей показала, что неизоструктурные триклинные монокристаллы превращаются в изоструктурные моноклинные соединения. Твердотельная реакция позволила получить трехмерные координационные полимеры $[M([(NC)_2CC(O(CH_2)_3OH)C(CN)_2)_2]$ на основе N,N',O-координированного лиганда. Не смотря на то, что ранее были синтезированы десятки комплексов на основе этого лиганда и аналогичных анионов, ни один из них не содержит тридентатного полинитрильного лиганда. Таким образом, данное исследование свидетельствует о том, что твердотельные реакции позволяют получать новые типы координационных полимеров полинитрильных лигандов. Возможные способы трансформации координационных сеток в трехмерные координационные полимеры исследованы теоретически на основе топологического подхода [3]. Показана применимость топологического подхода для прогнозирования возможных сеток кристаллических продуктов реакции на основе информации о структуре исходных соединений.

[1] S. Benmansour, F. Setifi, S. Triki and C. J. Gómez-García, Inorg. Chem., 2012, 51, 2359, DOI: 10.1021/ic202361p.

[2] A. O. Dmitrienko, M. I. Buzin, Z. Setifi, F. Setifi, E. V. Alexandrov, E. D. Voronova and A. V. Vologzhanina Dalton Trans., 2020, 49, 7084–7092, DOI: 10.1039/d0dt00917b.

[3] V. A. Blatov, A. A. Golov, C. Yang, Q. Zeng and A. A. Kabanov, Sci. Rep., 2019, 9, 1, DOI: 10.1038/s41598-019-42483-5.

15.20-15.50 Александр Витальевич Сергиенко («Центр инновационного развития и кластерных инициатив» - управляющая компании технопарка «Жигулевская долина»)

Меры поддержки инновационной системы Самарской области

15.50 Закрытие конференции