

НКСФ – XXXIX (2010)

**Материалы научной конференции
студентов, аспирантов
и молодых ученых-физиков
НКСФ – XXXIX (2010)
Красноярск, 15 апреля 2010 г.**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АССОЦИАЦИЯ СТУДЕНТОВ-ФИЗИКОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ КРАСНОЯРСКА

НКСФ – XXXIX (2010)

*Материалы
научной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых-физиков*

Красноярск 2010

УДК 53
ББК 22.3
Н 347

Н 347 НКСФ-2010: материалы научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых-физиков НКСФ-XXXIX (2010) / Красноярск: Ассоциация студентов-физиков и молодых ученых Красноярска, 2010. – 98 с.

Отв. за выпуск А.А. Самойлова

Публикуются материалы научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых-физиков НКСФ- XXXIX (2010), прошедшей 15 апреля 2010 г. в г. Красноярске.

© Сибирский федеральный университет
Ассоциация студентов-физиков и молодых
ученых Красноярска, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Секция I. ТЕПЛОФИЗИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

(Председатель: к.ф.-м.н., ст.преп. А.В. Минаков)	8
Бурдинский А.Ю. Численное решение задачи о бесконтактном электромагнитном кристаллизаторе в пакете программ ANSYS.....	8
Гаврилина М.А. Построение экспоненциальных разностных схем для численного моделирования диффузионно-конвективных процессов с использованием гиперболической интерполяции	9
Демшин К.А. Моделирование нестационарных кавитационных течений	10
Димова Н.А. Изучение закрученного турбулентного течения в модельной отсасывающей трубе	11
Колесниченко А.В. Тестирование моделей турбулентности в программном комплексе SIGMAFLOW	12
Лобасов А.С. Интенсификация процесса смешения жидкостей в микроканалах	13
Лобасов А.С. Создание и исследование теплоизоляционной керамики на основе магнезиально вяжущих	14
Моргунова В.А. Исследование теплофизических свойств егнетокерамики $PbSc_{1/2}Ta_{1/2}O_3$	15
Морозов Д.О. Исследование корреляции между температурой воздуха и температурой поверхности для дальнейшего ее использования в определении индекса пожарной опасности	16
Овсяников О.В. Тепловое расширение твердых растворов $PbSc_{1/2}Ta_{1/2}O_3$	17
Платонов Д.В. Численное моделирование течений жидкости в закрученном кольцевом канале	18
Романьков Е.В. Численное моделирование процесса горения метана	19
Узких А.Ю., Добросмыслов С.С. Исследование поведения электроконтактного узла при пропускании электрического тока высокой плотности	20
Чекина А.В. Барокалорический эффект в области структурного фазового перехода во фториде Rb_2KFeF_6	21
Чепкасов И.Н. Получение и исследование механических, теплофизических и электрических свойств электропроводящей керамики на основе диоксида олова	22
Шараборин Д.К. Термодинамический расчет цикла и оценка масс составляющих агрегатов космической энергоустановки на основе мгд-преобразования энергии	23
Шестакова Е.В. Анализ влияния подачи воздуха в топочную камеру котла п-67 на уровень образования NO_x	24
Секция II. КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ	
(Председатель: д.ф.-м.н., профессор А.Г. Сизых)	25
Алаторцев М.Н., Шамшурин А.В., Поспелов Г.И. Немагнитная среда с отрицательным показателем преломления	25
Глушков А.А. Влияние эффекта реабсорбции флуоресценции на кинетику фотопроцессов в ксантовых красителях	26
Иконников А.А. Генерация четвертой гармоники фемтосекундного лазера на титан-сапфире в нелинейном фотонном кристалле тетрабората стронция.....	27
Карабутина А.М. Возможность АВКР усиления рентгеновского излучения с $\lambda=6,5316\text{\AA}$ в среде мезоатомов водорода	28
Мемнонов Т.Н. Определение частоты электронного перехода эозина в кислых растворах хитозана с помощью правила зеркальной симметрии.....	29
Пятнов М.В. Метод берремана: расчет спектра пропускания одномерного фотонного кристалла с холестерическим дефектом	30

Рассказов И.Л., Герасимов В.С., Исаев И.Л., Грачев А.С. Спектры пропускания нановолноводов для видимого диапазона спектра, синтезированных на основе различных конфигураций наночастиц	31
Сапожникова Е.С. Определение молекулярной массы и формы молекул и частиц хитозана в растворе методом светорассеяния	32
Ровский В.Е. Генерация четвертой гармоники фемтосекундного лазера на титан-сапфире в нелинейном фотонном кристалле тетрабората стронция.....	33
Секция III. ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ	
(Председатель: к.ф.-м.н., доцент К.А. Шайхутдинов)	34
Гребенькова Ю.Э., Великанов Д.А. Зависимость магнитных свойств от толщины промежуточного слоя ге в пятислойных пленках Ni-Ge	34
Елисеева Н.С. Квантово-химическое изучение адсорбции атомов лития на поверхности α -плоскости бора	35
Ершов А.Е. Фононы в коллоидных кристаллах	36
Зинченко Н.И. Электрокалорический и термополяризационный эффект в диэлектриках.....	37
Князев Ю.В. Структура и магнетизм смешанных Co-Fe людвигитов.....	38
Кожевникова Т.А. квантово-химический расчет процесса взаимодействия алюминиевого кластера с поверхностью кремния.....	39
Красиков А.А. Стенд для проведения лабораторной работы «температурные измерения магнитной восприимчивости $\chi(T)$ »	40
Михалёва Е.А. Калорические эффекты в некоторых сегнетоэлектрических сульфатах	41
Осетров Е.И. Локальная симметрия и катионное распределение в $Pb_3Mn_7O_{15}$, допированном железом.....	42
Платунов М.С. Магнитные и электрические свойства кобальтитов $Gd_{1-x}Ca_xCoO_3$...	43
Сабитова Э.И. Скейлинг анизотропии магнитосопротивления текстуры $Bi_{1.8}Pb_{0.3}Sr_{1.9}Ca_2Cu_3O_x / Ag$	44
Сергеева М.В. Магнетокалорический эффект в магнетиках	45
Строкова А.Ю. Магнитооптические свойства F-F переходов в ионе DY^{3+} в оксидных стёклах	46
Харьков А.М. Металлический тип проводимости твердых растворов $Sm_xMn_{1-x}S$	47
Секция IV. ФИЗИКА КОСМОСА	
(Председатель: к.ф.-м.н., профессор Л.В. Границкий).....	48
Савранский Д.С. Модель решения навигационной задачи.....	48
Крехов А.А. Определение оптимального шага интегрирования при решении задачи пересчета эфемерид нка на текущий момент времени	49
Петров А.В. Вычисление тропосферной поправки.....	50
Чечкин А.В. Рефракция света в атмосфере Земли. Хроматическая рефракция	51
Секция V. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	
(Председатель: д.ф.-м.н., профессор А.М. Баранов)	52
Авакумов Р.В. Поперечное перемагничивание мультислойной магнитной системы с немагнитной прослойкой.....	52
Дробов И.В. Об одной модели жидкого массивного шара в общей теории относительности.....	53
Жарковский И.В. Новая дисперсионная ветвь колебаний при учёте доплеровского сдвига.....	54
Злотников А.О. О сосуществовании сверхпроводимости и антиферромагнетизма в сильно коррелированных системах	55

Иванов В.А. О применении кэлеровых многообразий в общей теории относительности.....	56
Лобач К.А. Кластерная теория возмущений для одномерной модели хаббарда в бозонном представлении	57
Меланж С.С. Устойчивость и критические параметры аналитической модели нейтронной звезды	58
Осипов А.Ю. Внутреннее строение сверхмассивных объектов.....	59
Перевалов Д.А. Кластерная теория возмущений для модели хаббарда в фермионном представлении.....	60
Сафонов И.Н. Об одной модели звезды в общей теории относительности.....	61
Шауро В.П. Поиск оптимального управления для реализации квантовых логических операций на квадрупольных ядрах со спином $I=1$ методом ямр.....	62
Шейкин А.А. О трехслойной модели гравитирующего статического шара.....	63
Шляхтич Е.Н. Вариационные принципы и функции комплексного переменного в электростатике.....	64
Юшкова О.Г. Система связанных длинных джозефсоновских переходов в магнитном поле	65
Секция VI. БИОФИЗИКА	
(Председатель: д.ф.-м.н., профессор П.И.Белобров)	66
Антипина Л.Ю. Исследование образования неактивированного субстрата фотопротеинов целентеразина	66
Безруких А.Е. Термоинактивация биферментной системы НАДН:ФМН-оксидоредуктаза-люцифераза в желатине	67
Бородина И.М. Трофометаболические взаимодействия зоо- и фитопланктона в проточной лабораторной системе.....	68
Бука Н.С. Кинетика бактериальной биферментной биолюминесцентной системы в вязких средах	69
Замай Г.С. Природные полисахариды как агенты, доставляющие нуклеиновые кислоты в клетку	70
Кудряшева Г.А. Влияние на биохимические реакции и взаимодействие с белками галоид-производных антрацена	71
Кухтарь О.В. Радон в воде подземных источников красноярского края	72
Лоншакова В.И. Изменения физико-химических показателей мембран эритроцитов и лимфоцитов при светло-клеточном раке почки.....	73
Пасечникова Ю.Ю. Функциональная активность лейкоцитов мышей с асцитной карциномой эрлиха в присутствии гидроксиапатит-коллагенового комплекса	74
Сутормин О.С. Влияние глицерина и сахарозы на стабильность сопряженной ферментной системы NAD(P)H:FMN-оксидоредуктаза-люцифераза	75
Тарасова А.С. Изучение влияния гуминовых веществ на общую и окислительную токсичность растворов окислителя	76
Секция VII. ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	
(Председатель: к.ф.-м.н., зав.лаб. кристаллофизики ИФ СО РАН А.И. Зайцев)	77
Ананьева Ю.Е. Теоретическое исследование зависимости между деформацией графеновых слоев и миграцией вакансий	77
Ани И.А., Мордвинова Л.Е. Влияние модифицирования поверхности нанодIAMЗОВ на микроструктуру композиционных алмазосодержащих гальванических покрытий с никелевой матрицей.....	78
Басов С.А. Разработка и исследование свойств лакокрасочных материалов с нанодобавками для автомобильной промышленности	79

Бурова О.В., Наумкин Н.С., Шестаков Н.П., Иваненко А.А., Шестаков А.Б. Микроскопия дефектов структуры матрицы эпоксидного полимера.....	80
Королева Н.С. Фазообразование в процессе кристаллизации стекол состава $\text{SrO} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$	81
Наумкин Н.С., Бурова О.В., Шестаков Н.П., Иваненко А.А., Шестаков А.Б. Инфракрасная спектроскопия дефектов структуры эпоксидного полимера	81
Петрова Т.И. Адсорбция ионов никеля на поверхности наноалмазов.....	83
Сержантова М.В. Теоретическое исследование влияния вакансий бора и азота на электронную структуру h-BN	84
Соколов А.С., Высотин А.В. Термический анализ ультрадисперсных порошков Al_2O_3 , полученных с использованием энергии взрыва.....	85
Солнцев А.В., Никитин Д.Н. Роль стабилизации плотности тока и температурного режима при нанесении электрохимических хром-наноалмазных покрытий.....	86
Терентьев К.Ю., Немцев И.А. Фазовая диаграмма $\text{YBCo}+\text{Ag}$	87
Трухачев Е.Ю. Исследование физико-механических и электро физических свойств электропроводящих огнеупорных керамик на основе $\text{SnO}_2 - \text{Sb}_2\text{O}_3$ с добавками AgO и нанопорошка CuO	88
Ципотан А.С., Герасимов В.С., Исаев И.Л., Грачев А.С. Закономерности получения упорядоченных структур в электростатически табилизированных зольях	89
Черепашин А.В., Александровский А.С., Зайцев А.И., Замков А.В. Оптические и нелинейнооптические свойства ромбического трибората висмута	90
Черноусов А.А. Получение износостойкой корундовой керамики на основе мелкодисперсного глинозема.....	91
Чульмякова Д.А. Размерные характеристики наноалмазов детонационного синтеза	92
Шестаков А.Б., Наумкин Н.С., Бурова О.В., Шестаков Н.П., Иваненко А.А. Инфракрасная спектроскопия продуктов испарения эпоксидного полимера.....	93
Секция VIII. СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ	
(Председатель: д.ф.-м.н., профессор Ю.Ю. Логинов)	94
Иванова М.П. Трудности преподавания правил кирхгофа студентам первого курса	94
Комаров Д.П. Описание метода чохраньского для выращивания монокристаллов ..	95
Силантьев А.А. Трудности преподавания законов ома студентам первого курса	96
Чесноков В.Д. Трудности преподавания теории никола тесло студентам.....	97

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О БЕСКОНТАКТНОМ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ В ПАКЕТЕ
ПРОГРАММ ANSYS**

Бурдинский Андрей Юрьевич

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

А.В. Минаков, к.ф.-м.н., ст. преподаватель

xxx6662005@yandex.ru

В данной работе было рассмотрено численное решение задачи о бесконтактном электромагнитном кристаллизаторе. Это устройство позволяет вытягивать алюминиевые прутки заданного диаметра бесконтактным способом, то есть, не применяя традиционных кристаллизаторов. Форма прутка при этом задается при помощи переменного электромагнитного поля. Данная технология является очень перспективной, поскольку позволяет автоматически задавать диаметр получаемого прутка, не используя при этом традиционные дорогостоящие кристаллизаторы. Проблема создания промышленного образца данного устройства заключается в выборе оптимальных параметров индуктора (силы тока, частоты, фазы) и параметров литья для устойчивого получения алюминиевых прутков заданного диаметра.

На кафедре Электротехники Политехнического института СФУ построена экспериментальная установка по получению алюминиевых прутков бесконтактным способом.

Проведенные экспериментальные исследования показали принципиальную возможность получения алюминиевых прутков бесконтактным способом. Однако было обнаружено, что процесс кристаллизации в данном случае является неустойчивым. Небольшое варьирование параметров индуктора может привести к разрушению прутка либо к существенной деформации его формы. Поэтому была поставлена задача численного моделирования процесса кристаллизации алюминия бесконтактным способом с целью более детального изучения данного процесса и определения оптимальных параметров для стабильного получения алюминиевых прутков.

Важнейшей частью решения этой задачи является расчет электромагнитного поля создаваемого индуктором в металле. Для расчетов электромагнитного поля предполагается использовать программный пакет ANSYS. ANSYS – это программный пакет для твердотельного моделирования, позволяющий эффективно рассчитать различные физические процессы. В том числе и электро-магнитостатику.

ПОСТРОЕНИЕ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫХ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИФФУЗИОННО- КОНВЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ

Гаврилина Мария Александровна

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФирЭ

И.А. Кузоватов, к.ф.-м.н., доцент

gavrilina_iff@mail.ru

Многие задачи гидродинамики, теплообмена и массообмена, с которыми в настоящее время приходится сталкиваться исследователям и инженерам, не поддаются аналитическому решению, и единственная возможность их теоретического анализа – получение численного решения.

В большинстве случаев встает вопрос численного решения диффузионно-конвективных задач. Следствием чего является актуальность решения таких задач. Одним из численных методов, хорошо зарекомендовавших себя, является метод экспоненциальной подгонки [1]. Особый интерес вызывает построение экспоненциальных схем повышенного порядка аппроксимации и равномерной сходимости.

Важным моментом построения разностных схем повышенной точности является интерполяция сеточной функции внешних сил исходного дифференциального уравнения. В данной работе предложено использовать с этой целью гиперболические сплайны, которые обеспечивают изогеометричность интерполяции сеточной функции. Тонким местом геометрической интерполяции является определение параметров натяжения гиперболического сплайна, [2].

Завершающим этапом построения экспоненциальной разностной схемы является построение модифицирующего оператора для гиперболического сплайна.

В качестве заключения следует отметить, что экспоненциальная разностная схема, построенная при помощи гиперболической интерполяции, обладает четвертым порядком точности.

1. Численное моделирование физико-химических процессов в слоевом газификаторе/ И.А. Кузоватов, А.А. Гроо, С.Г. Степанов. // Вычислительные технологии, Т. 10, № 5 – Новосибирск: Институт Вычислительных технологий РАН, 2005. – с. 39-48.
2. Renka R. J. Interpolation tension splines with automatic selection of tension factors // SIAM J. Sci. Stat. Comp. – 1987. – Vol. 8 – P. 393-415.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ КАВИТАЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЙ

Демшин Константин Александрович

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

К.А. Финников, к.ф.-м.н.

d.const@mail.ru

Кавитация, возникающая при обтекании различных твердых тел, представляет проблему, широко распространенную в природе и технике. В качестве примера можно привести течение в гидротурбинах, насосах, обтекание гребных винтов и рулей. Кавитация приводит к образованию шумов, вибрации, эрозии материалов.

В настоящее время наиболее распространенными и апробированными математическими моделями кавитационных течений являются модели, в которых двухфазное парожидкостное течение, формирующееся в результате кавитации, описывается в приближении квазигомогенной среды [1]. Состояние двухфазной среды описывается распределением объемной или массовой доли паровой фазы, уравнение переноса которой решается совместно с уравнениями переноса массы, импульса и турбулентных характеристик течения. Уравнение переноса доли паровой фазы включает источниковые члены, описывающие процессы испарения, происходящего при давлении среды ниже давления насыщенного пара и конденсации в противоположном случае. Модели данного типа реализованы, в частности, в коммерческих программных пакетах вычислительной гидродинамики Fluent и Star-CD. Работы по реализации моделей кавитационных течений ведутся коллективом разработчиков программного пакета σ Flow, объединяющим специалистов Института теплофизики СО РАН и Сибирского федерального университета. В качестве объекта моделирования выбраны течения, возникающие при бескавитационном и кавитационном обтекании тел различной формы потоком жидкости. В ходе работы был проведен расчет по обтеканию гидрокрыла NASA 0015.

Задачей настоящего исследования является проведение численного моделирования кавитационных течений в стационарной и нестационарной постановке с помощью программного пакета σ Flow и сравнение расчетных результатов с данными эксперимента и с результатами, полученными с использованием пакета Fluent.

1. Senocak I. Evaluation of cavitation models for Navier-stokes computations / Senocak I., Shyy W. / Proceedings of FEDSM'02 2002 ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting Montreal / Quebec, Canada, July 14–18–2002.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКРУЧЕННОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ В МОДЕЛЬНОЙ ОТСАСЫВАЮЩЕЙ ТРУБЕ

Димова Нина Андреевна

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

А.В. Минаков, к.ф.-м.н., ст. преподаватель

nidimova @yandex.ru

Отсасывающая труба – элемент гидроэлектростанции, представляющий собой расширяющийся диффузорный водовод, по которому вода от рабочего колеса турбины отводится в нижний бьеф. Отсасывающая труба оказывает существенное влияние на энергетические показатели гидротурбин и в зависимости от типов гидроэлектростанции на трубу может приходиться от 40-70 % всех гидравлических потерь станции. Труба в значительной степени определяет отметку заложения основания здания гидроэлектростанции и размеры подводной части. В связи с этим вопросы определения форм и размеров отсасывающей трубы при проектировании гидроэлектростанции имеют очень большое значение. Поэтому очень важным является вопрос об оптимизации работы трубы с целью уменьшения гидравлических потерь и повышения КПД как трубы так и гидроэлектростанции в целом. Так как на больших природных станциях провести расчеты сложно, то использование численного моделирования закрученного турбулентного течения в отсасывающей трубе является весьма актуальной задачей.

Поскольку при рассмотрении течения в отсасывающей трубе приходится сталкиваться с сильно закрученным турбулентным течением несжимаемой жидкости в устройстве, имеющем очень сложную геометрию, то умение корректно моделировать подобного рода течение очень важно. В связи с этим, в данной работе на основе программного комплекса σ Flow в качестве тестов были рассмотрены следующие задачи: ламинарное закрученное течение в закрытом цилиндре с вращающейся верхней крышкой, турбулентное закрученное течение в гладкой трубе, а также турбулентное закрученное течение в модельной отсасывающей трубе. Целью данной работы являлось освоение методики и численного моделирования закрученных течений, в том числе и турбулентных, что в дальнейшем послужит основой для моделирования сложного течения в реальной отсасывающей трубе.

ТЕСТИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIGMAFLOW

Колесниченко Алексей Владимирович

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

А.В. Сентябов, аспирант

D_link8@mail.ru

Турбулентные течения очень часто встречаются в природе и технологических процессах. Для их расчета в настоящее время используют методы вычислительной гидродинамики (CFD). Ввиду сложности турбулентного течения обычно привлекают те или иные полуэмпирические модели турбулентности, которые требуют калибровки и тестирования.

В данной работе были рассмотрены расчеты течений при помощи CFD программы sigmaFlow. Для тестирования алгоритма и анализа влияния расчетной сетки и схемы аппроксимации на точность решения были рассмотрены ламинарные задачи: течение в квадратной каверне, течение за обратным уступом, течение в плоском канале. Расчет уравнений Навье-Стокса осуществлялся по методу контрольного объема с использованием процедуры SIMPLEC для связи полей скорости и давления.

Турбулентное течение было рассмотрено на примере плоского канала. Данное течение исследовалось экспериментально Лауфером в классической работе [1]. Исследовались модели турбулентности: стандартная k - ϵ , k - ϵ модель Чена, k - ω SST модель Ментера, модель Спаларта-Алмароса. Для всех моделей использовался метод пристеночных функций. Исследование проводилось на расчетных сетках, содержащих 20, 40 и 80 контрольных объемов со сгущением к стенкам.

Сравнение с экспериментом было проведено по профилям скорости при числах Рейнольдса 12300, 30800, 61600. Кроме того, для числа Рейнольдса 30800 были рассмотрены турбулентные характеристики: энергия турбулентных пульсаций и турбулентные напряжения. Расчеты хорошо воспроизвели экспериментальные профили скорости, в то время как турбулентные характеристики определялись с большей погрешностью.

1. J. Laufer, "Investigation of turbulent flow in a two-dimensional channel, "Report 1053-National Advisory Committee for Aeronautics 1954 , p. 1247. 38.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В МИКРОКАНАЛАХ

Лобасов Александр Сергеевич

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

А.В. Минаков, к.ф.-м.н., ст. преподаватель

perpetuityrs@mail.ru

Перемешивание микроскопических количеств жидкости имеет важное значение во многих приложениях: химические микрореакторы, анализаторы химических и биологических веществ и многие другие. Поскольку характерное значение числа Рейнольдса для микроканалов порядка единицы, то скорость перемешивания в них определяется в основном молекулярной диффузией. А это очень медленный процесс, поэтому применяются различные способы улучшения смешения.

Обзор литературы показал, что существует больше количество различных микромиксеров с характерными размерами 10–100 мкм. Скорости порядка 1 мм/с. Течение всегда ламинарное. Описывается в рамках классической гидродинамики уравнениями Навье-Стокса.

Были проведены расчёты смешения жидкостей в Т-образном микромиксере пассивного типа с различным количеством Г-образных вставок и различными значениями чисел Рейнольдса и Пекле. Исследовалась зависимость интенсивности смешения жидкостей и перепада давлений на входах и выходе в микроканал от количества Г-образных вставок, чисел Рейнольдса и Пекле. Далее проводились расчёты смешения жидкостей в искривлённом микроканале с различным количеством секций, которые сравнивались с расчётом и аналитическим решением для соответствующего прямого микроканала прямоугольного сечения.

Также были проведены расчёты смешения жидкостей активном микромиксере Т-типа. Целью данного исследования являлось определение частоты и амплитуды пульсаций расхода, при которых интенсивность смешения жидкостей будет максимальной при минимальном сопротивлении канала.

В качестве тестирования расчётного алгоритма были проведены расчёты ламинарного течения жидкостей в микроканалах различного сечения: круглого, квадратного, треугольного и кольцевого канала.

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ МАГНЕЗИАЛЬНО ВЯЖУЩИХ

Лобасов Алексей Сергеевич

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

М.М. Колосова

Deadlyrs@mail.ru

Основная цель данной работы – изучение свойств магнийсодержащих отходов, полученных при производстве плавящихся периклазовых порошков, с целью получения материалов строительного и технического назначения.

Магнийсодержащие отходы по свойствам являются перспективным материалом в качестве вяжущих веществ для получения бетонов высокой прочности. Изделия могут быть изготовлены методом полусухого прессования и литьем на вибрационном стенде.

Для затворения бетонов может использоваться раствор серной кислоты. При использовании в качестве затворителя раствора серной кислоты следует учитывать следующие особенности - взаимодействие кислоты и магнезиального вяжущего сопровождается достаточно бурным газовыделением и повышением температуры шихты до 70 – 90°C.

Прочность полученных изделий на магнезиальном вяжущем в зависимости от условий формования составляет 10-60 МПа. Указанная прочность изделий достигается либо при естественной сушке в течении 28 суток, либо при сушке 150-180°C до влажности не более 5%.

Время твердения изделий на магнезиальном вяжущем может варьироваться в достаточно широких пределах от 15 минут до 5-7 часов. Время твердения в первую очередь зависит и определяется концентрацией серной кислоты и в меньшей степени зависит от количества магнезиального вяжущего.

По результатам проведенных исследований разработана «Временная технологическая инструкция на выпуск опытных экспериментальных партий кирпича».

Проведен выпуск опытной партии кирпича на технологической линии ЗАО «Карат-ЦМ».

Проведенные эксперименты показывают, что при сушке изделий на кислотном затворителе практически всегда наблюдается процесс высолообразования. Вопросы устранения высолообразования требуют дальнейшей проработки.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕГНЕТОКЕРАМИКИ $\text{PbSc}_{1/2}\text{Ta}_{1/2}\text{O}_3$

Моргунова Вера Алексеевна

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФирЭ

В.С. Бондарев, к.ф.-м.н

Во многих функциональных устройствах, используемых в различных отраслях науки и техники, используются сегнетоэлектрики с их уникальными электрофизическими и механическими свойствами [1]. Возможность целенаправленного управления электрофизическими свойствами и структурными параметрами керамики в процессе получения является не менее ценным свойством. Поэтому при получении функциональной керамики ставятся несколько задач: одна из них – воспроизводимость физических свойств, другая – возможность управления физическими свойствами. Как известно, упорядочение сегнетоэлектрической керамики достигается длительной высокотемпературной обработкой с помощью рекристаллизации. Степень дальнего порядка (S) при этом можно оценить по T_{max} , соответствующей максимуму диэлектрической проницаемости ϵ_{max} . Достаточно резкое охлаждение образца приводит к «замораживанию» одного из многочисленных метастабильных гетерофазных состояний. Такому образцу свойственна сложная структура, представляющая собой совокупность, как упорядоченных, так и разупорядоченных областей с близкими значениями свободной энергии. Поэтому его макроскопические свойства являются совокупным результатом соответствующих свойств каждой области.

В работе представлены результаты исследований теплоемкости керамических образцов $\text{PbSc}_{1/2}\text{Ta}_{1/2}\text{O}_3$ в интервале 100 – 350К с различной степенью дальнего порядка. Установлено, с помощью структурных и теплофизических исследований, что три образца, полученные интенсивным силовым воздействием в сочетании со сдвиговой деформацией, обладают одинаковой степенью упорядочения. Отжиг при 773К в течение нескольких часов не привел к существенному изменению степени дальнего порядка, так как аномалия теплоемкости не сместилась по температуре. Однако энтальпия перехода значительно уменьшилась, что может быть связано с изменением напряженности в керамических образцах при отжиге.

Теплофизические исследования керамического образца, полученного с помощью твердофазного синтеза без каких либо силовых воздействий, показали отличную от предыдущих образцов степень дальнего порядка. Полученные результаты проанализированы совместно с диэлектрическими и структурными исследованиями.

1. Витченко М.А. Физические свойства релаксорных сегнетоэлектриков $\text{PbIn}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}\text{O}_3$ и $\text{PbSc}_{1/2}\text{Ta}_{1/2}\text{O}_3$ и их зависимость от концентраций структурных дефектов // Автореферат 2009.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА И ТЕМПЕРАТУРОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ИНДЕКСА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Морозов Дмитрий Олегович

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

А.И. Сухинин, к.ф.-м.н.

snezhinkin2006@mail.ru

В работе рассматривается эксперимент по установлению корреляции между радиационной температурой поверхности и температурой воздуха над ней для последующего применения этой зависимости при использовании спутниковых данных.

За последнее время в России резко сократилось число метеостанций, особенно в труднодоступных районах страны, что приводит к значительным ошибкам в прогнозировании возникновения лесных пожаров и их опасности. Сейчас в нашей стране для определения индекса пожарной опасности (показатель влажности лесных горючих материалов) используется сумма температур воздуха, что, ввиду вышеизложенных фактов, становится проблематичным. Наша же методика основывается на возможности замены сумм температур воздуха суммами температур поверхности, которые мы можем получать с помощью спутника. Нами был поставлен опыт на «полигонных» образцах (хвоя, зеленая трава, асфальт), на которых мы измеряли температуру поверхности радиометром и температуру воздуха над этой поверхностью. После обработки данных было выявлено, что пасмурную погоду или в затененной области температуру воздуха и температура поверхности одинаковы, тогда как в ясную солнечную погоду поверхность прогревается сильнее воздуха, вследствие чего приходится вводить поправочный коэффициент. Далее планируется провести подобную обработку данных, полученных непосредственно со спутника и стационарных метеостанций. Данная методика определения индекса пожарной опасности позволит не зависеть от числа и местоположения наземных метеостанций, более точно строить карты пожарной опасности и оперативно принимать меры для локализации очагов возгорания.

ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{PbSc}_{1/2}\text{Ta}_{1/2}\text{O}_3$

Овсяников Олег Васильевич

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФурЭ

М.В. Горев, д.ф.-м.н., профессор

oleg-ovsynikoff@yandex.ru

Твердые растворы окислов типа $\text{AB}'\text{XB}''\text{1-XO}_3$ со структурой перовскита представляют интерес, как с прикладной, так и с фундаментальной точек зрения вследствие их необычных электромеханических свойств. Среди многочисленных твердых растворов $\text{AB}'\text{XB}''\text{1-XO}_3$ важный класс составляют так называемые гетеровалентные сплавы, то есть растворы с элементами B' и B'' принадлежащим разным столбцам периодической системы. Именно к этому классу веществ принадлежит твердый раствор $\text{PbSc}_{1/2}\text{Ta}_{1/2}\text{O}_3$ (PST). Это соединение интенсивно исследуется как экспериментально, так и теоретически. В PST наблюдаемые физические свойства, в частности, сегнетоэлектрический фазовый переход и связанные с ним аномалии электромеханических свойств существенным образом зависят от степени В-катионного упорядочения. Несмотря на интенсивное исследование этих соединений, многие аспекты происходящих в них явлений остаются не выясненными до сих пор.

В работе выполнены исследования теплового расширения керамических образцов PST в диапазоне температур 150-450 К с целью выяснения влияния степени упорядочения на последовательности и характеристики фазовых переходов.

Керамические образцы PST получены методом твердофазного синтеза из оксидов при температуре 1000°C. Образцы PST-1, PST-2 и PST-3 подвергались силовому воздействию (80 – 320 МПа) в сочетании со сдвиговой деформацией и термической обработке для получения различной степени упорядочения катионов. Образец PST-4 силовому воздействию и температурному отжигу не подвергался. Структура и степень упорядочения полученных образцов определялись рентгенографически. Несмотря на различные режимы тепловой обработки образцов, степень упорядочения для PST-1, PST-2 и PST-3 различается незначительно и составляет $s=0.41$, 0.43 и 0.43 соответственно. Для PST-4 $s=0.21$. Во всех исследованных образцах обнаружены аномалии коэффициента теплового расширения при температурах 280-300 К. В области аномалии в PST-1, PST-2 и PST-3 наблюдается невоспроизводимость результатов от серии к серии, существенно меняется и величина аномалии, что может быть связано с «отжигом» в процессе фазового перехода дефектов и неоднородных напряжений в керамике. На основе полученных и литературных данных построена фазовая диаграмма температура — степень упорядочения.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ ЖИДКОСТИ В ЗАКРУЧЕННОМ КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ

Платонов Дмитрий Викторович

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

А.В. Минаков, к.ф.-м.н., ст. преподаватель

Течение неньютоновских жидкостей в кольцевом канале, в настоящее время, представляет проблему промышленного значения очень широко распространенную в природе и технике. Примером является бурение нефтяных скважин, где циркуляция тяжелого бурового раствора в кольцевом пространстве, окружающем бурильную трубу, позволяет производить бурение с поверхности. Буровые растворы являются обычно характерными неньютоновскими жидкостями типа бингамовских пластиков либо псевдопластиков. На практике геометрия канала при бурении очень сложная и далека от идеального кольцевого канала, для которого существуют описания течений (аналитическое решение либо эмпирические данные).

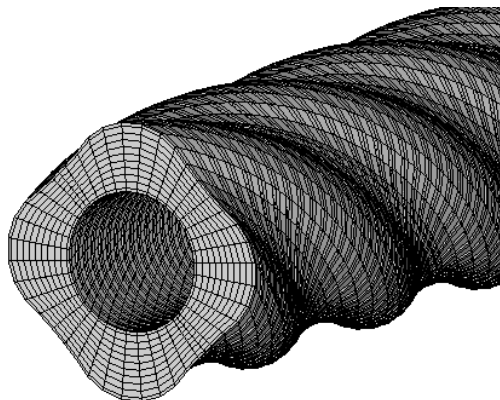


Рис. 1. Расчётная геометрия и сетка (степень закрутки 6° на 1 см.)

Целью работы являлось продемонстрировать влияние геометрии на степень закрутки течения. Для этого проведено численное решение нескольких задач реологического течения.

В ходе работы были проведены расчеты для следующих типов задач:

1. Ламинарное ньютоновское течение (влияние закрутки канала);
2. Ламинарное ньютоновское течение (влияние вращения внутренней трубы);
3. Ламинарное ньютоновское течение (влияние эксцентриситета);
4. Ламинарное бингамовское течение
5. Турбулентное ньютоновское течение

Все расчёты проводились на пакете программ $\sigma Flow$. В расчёте использовались многоблочные структурированные сетки. Во всех случаях рассматривалось установившееся течение в закрученном кольцевом канале. Так же задавались все параметры жидкости: плотность, вязкость (в случае неньютоновской жидкости задавались реологические константы).

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ МЕТАНА

Романьков Евгений Владимирович

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

А.А. Дектерев, к.т.н.

RomaJohn@ya.ru

В различных технологических устройствах используется горение газа, например топочные камеры, металлургические печи, системы термического обезвреживания и других. Поэтому рассмотрение процесса горения газа в промышленных горелках, несомненно, важно. Для повышения тепловой эффективности устройств и снижения экологически опасных выбросов необходимо знать наиболее рациональный режим сжигания топлива. Постановка эксперимента очень трудоемкий и не всегда реализуемый процесс. Поэтому, целесообразно использовать математическое моделирование процессов происходящих при горении газового топлива. Процесс горения газового топлива, как правило, реализуется путем организации струйных течений.

В основном горючим топливом является метан. Горение метана сложный термохимический процесс. В литературе существует множество механизмов описания горения метана в воздухе, начиная от самого простого в одну реакцию и заканчивая детальными, содержащими несколько сотен реакций.

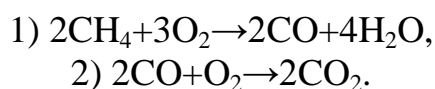
Целью данной работы было рассмотрение струйных реагирующих течений. При этом были решены задачи: ламинарная струя, турбулентное струйное течение, горение метана.

Расчет проводился на пакете программ STAR CCM+. Рассматривались стационарные осесимметричные задачи. Для расчета горения использовалась гибридная модель (кинетика/обрыв турбулентного вихря), по которой в качестве результирующей скорости выбирается наименьшая из скоростей.

$$R_i = -MIN(|R_{i,KIN}|, |R_{i,EBU}|),$$

где $R_{i,KIN}$ – скорость химического реагирования компонентов, а $R_{i,EBU}$ – скорость турбулентного смешения компонент

После тестирования различных механизмов реагирования метана, выбор был остановлен на схеме, состоящей из двух глобальных реакций:



Полученные данные сравнивались с экспериментом, аналитическим решением и результатами расчетов других авторов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО УЗЛА ПРИ ПРОПУСКАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

Узких Антон Юрьевич, Добросмыслов Сергей Сергеевич

Сибирский федеральный университет

Г.Е. Нагибин, к.т.н.

uzkih-anton@yandex.ru

В последнее время появилась тенденция разработки новых конструктивных материалов с целью использования их в электролитическом производстве алюминия. На сегодняшний день в получении алюминия используется процесс Холла-Эру, основанный на использовании углеродных анодов. Основная проблема данного процесса заключается в высоком уровне выбросов различных канцерогенных веществ[1]. Одним из путей решения данной проблемы может быть разработка инертного анода на основе керамики или керметов.

Цель данной работы заключалась в исследовании электрических и теплофизических свойств материалов электроконтактного узла (для нерасходуемого анода), его конструирование и проведение расчета температурных и электрических полей.

Исследование теплопроводности проводилось методом лазерной вспышки на установке LFA 457, измерение удельного электрического сопротивления производилось четырех контактным методом[2], моделирование осуществлялось в пакете программ COMSOL Multiphysics.

Проведенные исследования показали, что электроконтактный узел при длительных испытаниях(100 часов) и токовой нагрузки 20 А ведет себя стабильно. Проведенные расчеты показали, что при увеличении токовой нагрузки происходит существенный локальный перегрев керамической части контактного узла, что связано с низкой теплопроводностью электроконтактного узла.

Одно из основных направлений дальнейших исследований заключается в получении материалов с более высоким значением теплопроводности и низкой электропроводности.

1. Справочник металлурга по цветным металлам. Производство алюминия./ Костюков А. А., Киль И.Г., Никифоров В.П. и др. М.: Металлургия, 1971. 560 с.
2. Kirko V. I. Stepanov E.I., Dobrosmislov S.S., Gusev A.O , Simakov D.A., Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 3 256 (2008)

БАРОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ОБЛАСТИ СТРУКТУРНОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ВО ФТОРИДЕ Rb_2KFeF_6

Чекина Анастасия Владимировна

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФирЭ

М.В. Горев, д.ф.-м.н., профессор

Калорические эффекты различной физической природы в твердых телах – магнетокалорические (МКЭ), электрокалорические (ЭКЭ), барокалорические (БКЭ) - привлекают в последнее время все большее внимание исследователей [1, 2]. В общем виде эти эффекты связаны с изменением энтропии и температуры термодинамической системы при изменении внешних полей (электрического, магнитного) и давления соответственно в изотермическом и в адиабатном процессах. Фтористые соединения типа эльпасолита $A^+_2(A')^+M^{3+}F_6$ характеризуются высокой степенью разупорядочения исходной кубической $Fm\bar{3}m$ фазы и большими величинами изменения энтропии при структурных фазовых переходах. Большие величины ΔS и сильная зависимость температур фазовых переходов от гидростатического давления позволяют рассматривать эти соединения как перспективные для исследований барокалорического эффекта.

В работе величины барокалорических эффектов вблизи структурного фазового перехода во фториде Rb_2KFeF_6 ($T_0=198$ К) определены на основе анализа фазовой Т-р диаграммы соединения и температурной зависимости теплоемкости, полученной при

атмосферном давлении. Вычисленные значения интенсивного ($\Delta T_{AD} \approx 18$ К) и экстенсивного ($\Delta S_{ВСЕ} \approx 40$ J/kg·K) барокалорических эффектов реализуются при относительно низких величинах гидростатического давления и оказались сопоставимыми с величинами ЭКЭ и МКЭ в материалах сегнетоэлектрической и магнитной природы, рассматриваемых в качестве перспективных твердотельных хладагентов.

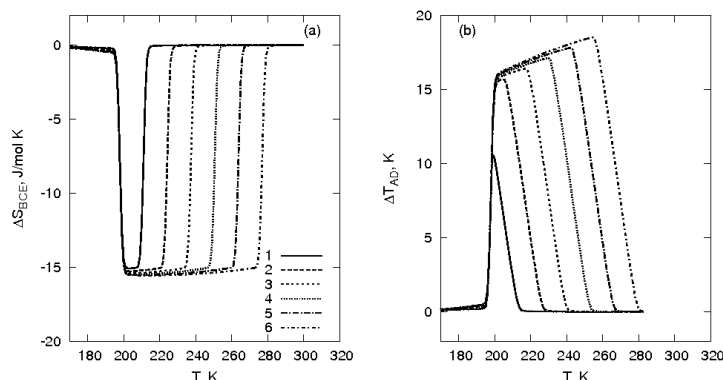


Рис. 1. Экстенсивный (а) и интенсивный (б) барокалорические эффекты в Rb_2KFeF_6

1. Müller K.A. Cooling by adiabatic pressure application in $Pr_{1-x}La_xNiO_3$ / K.A. Müller, M. Koch, S. Fischer, F. Fauth, A. Furrer // Appl. Phys. Lett. - 1998. - V. 73. - P. 1056 - 1058.
2. Strässle Th. Magnetic cooling by the application of external pressure in rare-earth compounds / Th. Strässle, A. Furrer, Z. Hossain and Ch. Geibel // Phys. Rev. B - 2003. - V.67. - P. 054407.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ, ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ОЛОВА

Чепкасов Иван Николаевич

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФирЭ

Г.Е. Нагибин, к.ф.-м.н., доцент

В работе приведены результаты исследований физико-механических и электрических свойств композиционных материалов полученных на основе диоксида олова с добавками оксидов переходных металлов.

Материалы на основе SnO₂ рассматриваются в настоящее время как перспективные композиты для создания нерасходуемых анодов, применяемых в электролитическом процессе производства алюминия [1].

В работе исследованы композиции на основе базового состава – 96 вес.% SnO₂ + 2 вес.% Sb₂O₃ + 2вес.% CuO, в качестве добавок использованы оксиды –2% MnO₂ (состав 1), 2%NiO (состав 2), 2%CoO (состав 3).

Механические свойства измерялись с помощью прибора Instron 3369, теплопроводность на установке «Лазерная вспышка» LFA 457, коэффициент термического расширения на приборе DIL 400, удельное сопротивление измерялось четырех контактным методом.

Электрофизические свойства керамики на основе SnO₂

№ состава	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	КТЛР, 10 ⁻⁶ ·К ⁻¹	Теплопроводность (Т=950°С), Вт/(М·К)	Удельное сопротивление (Т=950°С), Ом·м·10 ⁻³
1	6052	489	4,7	0.98	0.38
2	6468	532	4,9	1.12	0.32
3	6411	462	4,6	1.05	0,15

Показано, что добавки, позволяют увеличить плотность и прочность керамики при достаточно низких значениях удельного электросопротивления. Эти свойства важны при использовании керамик в качестве анодов, работающих в агрессивных средах при высоких температурах.

1. I. Galasiu, R. Galasiu, Proc. VIII Al Symposium, Donovaly, Slovakia, 1995. P. 51.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЦИКЛА И ОЦЕНКА МАСС СОСТАВЛЯЮЩИХ АГРЕГАТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ МГД-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Шараборин Дмитрий Константинович

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФирЭ

Т.А. Миловидова

Орбитальные космические станции оснащены энергоустановками для обеспечения оборудования электроэнергией. С развитием техники уровень потребляемой энергии станциями значительно вырос и будет продолжать расти. Для обеспечения все возрастающих потребностей в энергии может быть использована космическая энергоустановка на основе МГД-преобразования тепловой энергии в электрическую.

В данной работе рассматривается энергоустановка электрической мощности 1МВт, в качестве источника тепловой энергии используется ядерный реактор. Был выполнен термодинамический расчет цикла Брайтона при максимальной температуре рабочего тела 3000К и давлении 10 атм. Оценены массы агрегатов установки и рассчитаны значения удельной мощности. Получен график зависимости удельной мощности от минимальной температуры в цикле, то есть температуры радиационных панелей.

Определено значение оптимальной температуры панелей. Рассчитаны параметры термодинамического цикла и оценены массы агрегатов составляющих энергоустановку при оптимальной температуре.

В результате расчетов получены данные:

Температура радиационных панелей	380К
КПД цикла	51%
Тепловая мощность реактора	2МВт
Удельная мощность энергоустановки	600Вт/кг

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОДАЧИ ВОЗДУХА В ТОПОЧНУЮ КАМЕРУ КОТЛА П-67 НА УРОВЕНЬ ОБРАЗОВАНИЯ NO_x

Шестакова Екатерина Викторовна

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

А.А. Дектерев, к.т.н., профессор

Tynochka@mail.ru

Энергетическая стратегия России на период до 2020 г. предполагает рост электропотребления 1,8-2,5% в год. До 15 ГВт генерирующих мощностей планируется ввести на тепловых электростанциях Сибири. Растущая потребность электростанций в угле может быть обеспечена в значительной степени за счет Канско-Ачинского бассейна.

Котёл П-67 предназначен для работы на Берёзовских углях Канско-Ачинского месторождения в блоке с турбиной мощностью 800МВт. Котёл сверхкритического давления, прямоточный, однокорпусный, Т-образной компоновки, с уравновешенной тягой, с твёрдым шлакоудалением, в газоплотном исполнении. Топочная камера открытая, призматическая, квадратного сечения полностью экранирована вертикальными панелями из плавниковых труб и оборудована тангенциальными щелевыми горелками.

В 1990 году Подольский завод имени Орджоникидзе (ЗиО) изготовил и поставил заказчику котел для блока №3 Березовской ГРЭС-1. Сразу после поставки котел смонтирован не был. Оборудование было законсервировано и до настоящего момента хранится на территории станции.

Так как котел ещё не смонтирован, то есть возможность ещё до монтажа внести изменения в конструкцию различных «слабых» узлов выявленных за время эксплуатации котлов на блоках №1 и 2.

Предложен вариант топки с 3 ярусами горелок, горелками для растопки мазута и ярусом воздушных сопел.

Были проведены исследования влияния перераспределения воздуха в топочной камере котла П-67 для блока № 3 Березовской ГРЭС-1.

Задача решалась в трехмерной постановке, применялась многоблочная структурированная сетка. Расчеты проводились с применением пакета программ SigmaFlame. Математическая модель топочной камеры включала в себя подмодели аэродинамики, сложного теплообмена, движения и выгорания пылеугольного топлива с учетом выхода летучих из угольных частиц, горения коксового остатка и догорания летучих компонент.

Расчёты показали, что при использовании предложенной модернизации топочной камеры котла П-67 можно достичь наименьшего выброса оксидов азота.

На основании результатов математического моделирования рекомендовано ступенчатое сжигание.

НЕМАГНИТНАЯ СРЕДА С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Алаторцев Максим Николаевич, Шамшурин Алексей Валерьевич,
Поспелов Геннадий Игоревич

Сибирский федеральный университет, кафедра ФилТ ИИФиРЭ

В.В. Слабко, д.ф.-м.н., профессор

Chosen24@mail.ru

Нашей командой, во главе с В.В. Слабко, была предложена модель немагнитной среды с пространственной дисперсией [1,2], состоящей из частиц цилиндрической формы с показателем преломления n_1 , занимающих объем v_1 , и сплошной среды с показателем преломления n_2 . Доля единицы объема, занимаемая цилиндрами v_1 , сплошной средой v_2 .

Исходя из уравнений Максвелла, можно получить дисперсионное уравнение такой среды, которое позволяет получить систему уравнений относительно двух переменных: искомого волнового вектора k и относительного объема v_1 . На рисунке 1 представлен фрагмент решения дисперсионного уравнения среды при значениях параметра $\beta = n_2/n_1 = 0,3$ (n_1 и n_2 полагаем не зависящими от частоты).

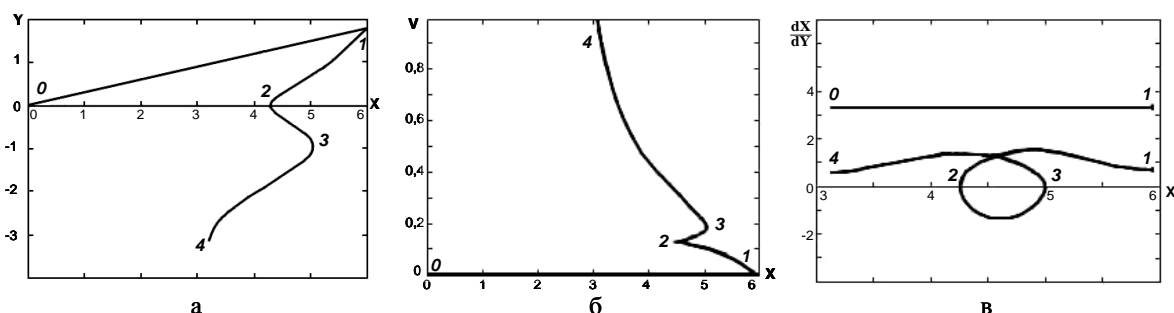


Рис. 1. Графики зависимости волнового вектора (а), объема v_1 (б), групповой скорости (в), от частоты

Область кривой (рис.1), лежащая от точки 3 до точки 4, характеризуется отрицательными значениями волнового вектора и показателя преломления при положительной групповой скорости, что соответствует среде с отрицательным показателем преломления. Таким образом, можно подобрать такое соотношение объемов v_1 и v_2 , при котором фаза суммарной волны на выходе из среды будет превышать фазу волны на входе.

Приведенные в работе соображения показывают, что существует возможность создания прозрачного материала с отрицательным показателем преломления в широкой области частот, как в радиочастотном, так и в оптическом диапазоне, на основе композитной среды с пространственной дисперсией.

1. Slabko V.V. // Transparent metamaterials with a negative refractive index determined by spatial dispersion. 2008. <http://arxiv.org/abs/0804.4048v1>
2. L. Peng, L. Ran, H. Chen, H. Zhang, J.A. Kong, and T. M. Grzegorzczak, Phys. Rev. Lett. 98, 157403 (2007)

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА РЕАБСОРБЦИИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ НА КИНЕТИКУ ФОТОПРОЦЕССОВ В КСАНТЕНОВЫХ КРАСИТЕЛЯХ

Глушков Андрей Анатольевич

Сибирский федеральный университет, кафедра экспериментальной и медицинской физики ИИФиРЭ

Е.А. Слюсарева, к.ф.-м.н., доцент

R-o-c-k@mail.ru

Фотохимические реакции с участием ксантеновых красителей широко используются для оптической записи информации, исследования механизмов полимеризации матриц и др.[1]. Для интерпретации экспериментальных результатов необходимо знание количества поглощенной энергии, которая складывается из энергии возбуждающего излучения и энергии, полученной в результате перепоглощения флуоресценции самим веществом. Ранее эффект реабсорбции флуоресценции не учитывался при измерении характерных констант скоростей фото процессов [2]. В данной работе впервые проведено исследование влияния реабсорбции флуоресценции на кинетику фото процессов в ксантеновых красителях (флуоресцеин, дибромфлуоресцеин, эозин, эритрозин, бенгальский розовый), состоящее из следующих этапов:

1. Построение физической модели фото процессов в красителе на основе расширенной диаграммы Яблонского с учетом следующих процессов: синглет-синглетное и триплет-триплетное поглощение, интеркомбинационная конверсия, флуоресценция, фосфоресценция, фотореакция с высшего триплетного состояния, реабсорбции флуоресценции.

2. Теоретический вывод поправки для константы скорости перехода молекул красителя из основного в первое возбужденное синглетное состояние, учитывающей эффект реабсорбции флуоресценции.

3. Расчет зависимости поправки на эффект реабсорбции флуоресценции для константы скорости перехода из основного в первое возбужденное синглетное состояние молекул, основанной на спектральных характеристиках ксантеновых красителей.

4. Кинетический анализ фото процессов в ксантеновых красителях с учетом и без учета поправки на эффект реабсорбции флуоресценции.

Полученные результаты показали, что отношение величины поправки на эффект реабсорбции поглощения для константы скорости перехода из основного в первое возбужденное синглетное состояние к самой константе скорости перехода может составлять от 3% (эритрозин, $\lambda_g = 540\text{нм}$) до 170% (флуоресцеин, $\lambda_g = 422\text{нм}$), что делает необходимым учет влияния реабсорбции флуоресценции при исследовании фотофизических и фотохимических свойств ксантеновых красителей.

1. D.C. Neckers, O.M. Valdes-Aguilera, Adv. Photochem. 18 (1993) 315-394.

2. A.G.Sizykh, E.A.Tarakanova, L.L. Tatarinova, Quantum Electronics 30 (2000) 40-44.

ГЕНЕРАЦИЯ ЧЕТВЕРТОЙ ГАРМОНИКИ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА НА ТИТАН-САПФИРЕ В НЕЛИНЕЙНОМ ФОТОННОМ КРИСТАЛЛЕ ТЕТРАБОРАТА СТРОНЦИЯ

Иконников Антон Андреевич

Сибирский федеральный университет, кафедра ФилТ ИИФирЭ

В.В. Слабко, д.ф.-м.н., профессор

an_ton@pochtamt.ru

В настоящем докладе сообщаются результаты экспериментальных исследований генерации четвертой гармоники фемтосекундного лазера на титан-сапфире в условиях случайного квазифазового синхронизма в нелинейном фотонном кристалле (НФК) [1] тетрабората стронция. Показано, что данный кристалл позволяет осуществить некритичную по углу перестраиваемую генерацию излучения в область дальнего ультрафиолета. Максимальная средняя мощность четвертой гармоники на длине волны 200 нм достигала 1 мВт. Спектр генерируемого излучения имеет форму, не типичную для спектра излучения, сгенерированного в условиях углового синхронизма и состоит из серии острых пиков. При повороте НФК спектр четвертой гармоники испытывает сдвиг в длинноволновую область, что позволяет идентифицировать пиковую структуру в спектре четвертой гармоники как проявление зонной структуры НФК [2]. Экспериментально показано, что спектр генерируемого излучения сохраняется вне зависимости от направления распространения основного излучения через НФК. Измерен коэффициент увеличения эффективности преобразования излучения в условиях случайного квазифазового синхронизма в НФК по сравнению с сигналом, генерируемым в монодоменном образце из того же материала. Эффективность генерации излучения в условиях случайного квазифазового синхронизма в 320 раз превышает эффективность несинхронной генерации в монодоменном образце. Путем перестройки центральной длины волны накачки получена перестраиваемая генерация четвертой гармоники излучения фемтосекундного лазера на титан-сапфире в спектральном диапазоне от 215 до 187,5 нм.

1. Berger V. Nonlinear Photonic Crystals / V. Berger // Phys. Rev. Lett. – 1998. – V.81. – P.4136–4139.
2. Aleksandrovsky A.S. Random quasi-phase-matching in nonlinear photonic crystal structure of strontium tetraborate / A.S. Aleksandrovsky, A.M. Vyunishev, I.E. Shakhura, A.I. Zaitsev, A.V. Zamkov // Phys. Rev. A. – 2008. – V.78. – P.031802-1-031802-4.

ВОЗМОЖНОСТЬ АВКР УСИЛЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С $\lambda=6,5316\text{\AA}$ В СРЕДЕ МЕЗОАТОМОВ ВОДОРОДА

Карабутина Ангелина Михайловна

Сибирский федеральный университет, кафедра экспериментальной и медицинской физики ИИФиРЭ

Ю.И. Геллер, д.ф.-м.н., профессор

gellka@inbox.ru

Одним из перспективных путей получения когерентного коротковолнового излучения является антистоксово вынужденное комбинационное рассеяние (АВКР) лазерного излучения с метастабильных уровней вещества. АВКР - это процесс комбинационного рассеяния с увеличением частоты, для которого требуется инверсия населенностей на рабочем (дипольно запрещенном) переходе. Естественно возникает вопрос о поиске такой системы, в которой можно реализовать существенное повышение частоты излучения с высоким КПД преобразования.

В качестве такой среды можно выбрать мезоатом водорода, который представляет собой водородоподобный атом, с той только разницей, что роль электрона играет мюон. Мюоны - нестабильные частицы с массой в 207 раз больше чем у электрона. Вследствие этого мюонные орбиты, отвечающие нижним энергетическим уровням мезоатома, расположены значительно ближе к ядру, чем электронные и поэтому частоты переходов лежат в рентгеновской области спектра.

При образовании мюонных атомов состояния сверхтонкой структуры нижнего состояния заселяются статистически. Относительно заселенности метастабильного уровня $2S$ данных нет, но из экспериментов по измерению лэмбовских расщеплений мюонных ионов гелия [1] можно предполагать, что на этом уровне окажется примерно 4% мезоатомов. Важнейшим элементом мезоатомов водорода является спин обменное опустошение подуровня сверхтонкой структуры $1S$ состояния с $F=1$. В результате уровень с $F=1$ опустошается со скоростью $10^8 \div 10^9$ 1/с, что должно способствовать инверсии населенностей комбинационного перехода.

Кроме того из-за высокой энергии кванта рентгеновского излучения нужно учитывать эффект отдачи атома. В силу закона сохранения импульса, атом всегда испытывает отдачу при испускании кванта. В результате, вылетающий квант теряет часть энергии на отдачу. Такую же энергию квант теряет при поглощении. В результате линия излучения оказывается смещенной по отношению к линии поглощения. Что также должно увеличить эффект усиления.

1. Garboni G., Gorini G., Iacopini E., Palfly L., Palmnari F., Torelli G., Zavattini E. Phys.Lett., v.73 B, N 2, 229, 1978.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО ПЕРЕХОДА ЭОЗИНА В КИСЛЫХ РАСТВОРАХ ХИТОЗАНА С ПОМОЩЬЮ ПРАВИЛА ЗЕРКАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ

Мемнонов Тимофей Николаевич

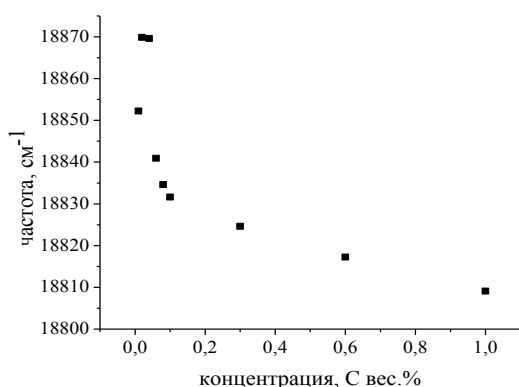
Сибирский федеральный университет, кафедра экспериментальной и медицинской
физики ИИФиРЭ

А.Г. Сизых, к.ф.-м.н., профессор

Timox89@rambler.ru

Хитозан обладает рядом полезных свойств обусловленных межмолекулярными взаимодействиями: биосовместимостью, биodeградальностью, способностью адсорбировать ионы тяжелых металлов и красителей. В данной работе исследовалось влияние таких взаимодействий на положение частоты электронного перехода эозина Υ в растворах хитозана в уксусной кислоте. Краситель выступает в качестве индикатора, предоставляя информацию о свойствах биополимера.

Исследовались растворы хитозана в 1% уксусной кислоте в интервале концентраций биополимера: 0,01 – 1вес.%. Концентрация эозина равнялась $1,82 \cdot 10^{-6}$ М. Электронные спектры поглощения и флуоресценции образцов регистрировались на спектрофотометре Лямбда-35 (Perkin Elmer, США) и спектрофлуориметре (HORIBA Jobin Ivon, Франция). Частоту электронного перехода эозина определяли с помощью закона зеркальной симметрии. При переходе от водных растворов эозина к кислым растворам хитозана частота электронного перехода испытывает «красный» сдвиг ($\sim 120 \text{ см}^{-1}$). При увеличении концентрации хитозана происходит дальнейшее смещение частоты (рис.1). Наблюдаемые изменения могут быть обусловлены электростатическими взаимодействиями (в слабokислой среде хитозан является поликатионом, а эозин – дианионом), а так же образованием водородной связи.



Зарегистрированный красный сдвиг частоты электронного перехода эозина в растворе хитозана является следствием связывания этих молекул. Полученный результат будет использован для анализа практических ситуаций: адресная доставка лекарств в организме, адсорбция красителей из сточных вод.

Рис. 1. Зависимость частоты электронного перехода эозина от концентрации хитозана

МЕТОД БЕРРЕМАНА: РАСЧЕТ СПЕКТРА ПРОПУСКАНИЯ ОДНОМЕРНОГО ФОТОННОГО КРИСТАЛЛА С ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИМ ДЕФЕКТОМ

Пятнов Максим Владимирович

*Сибирский федеральный университет,
Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН*

*И.В. Тимофеев, к.ф.-м.н., доцент
makspyatnov@yandex.ru*

Цель работы заключалась в моделировании прохождения света в холестерическом жидком кристалле (ХЖК) и в нахождении спектра пропускания света. Для решения данной задачи необходим учет различных поляризаций света, углов падения на оптическую среду, толщин слоев и тензоров диэлектрических проницаемостей. В 70е годы американским физиком Берремано был предложен метод решения [1-2]. Суть метода заключается в нахождении спектра пропускания при помощи матрицы 4x4, характеризующей среду.

Для иллюстрации метода был рассмотрен фотонный кристалл (ФК), представляющий собой набор чередующихся плоскопараллельных стекол и содержащий ХЖК, расположенный посередине в качестве дефекта (рис.1). И ФК и ХЖК имеют свой характерный период изменения диэлектрической проницаемости, и поэтому обладают фотонной запрещенной зоной (областью отражения света). При составлении их в систему, фотонные запрещенные зоны накладываются друг на друга. При этом в запрещенной зоне ФК образуются дефектные моды (рис.2). То есть свет некоторых частот, попадающих в запрещенную зону ФК, благодаря ХЖК-дефекту начинает проходить с коэффициентом пропускания, достигающим 100%.

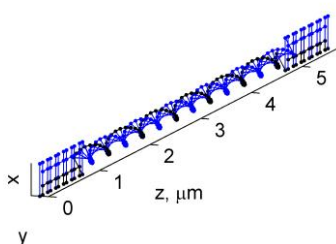


Рис.1. Схематический вид структуры (ФК+ХЖК+ФК)

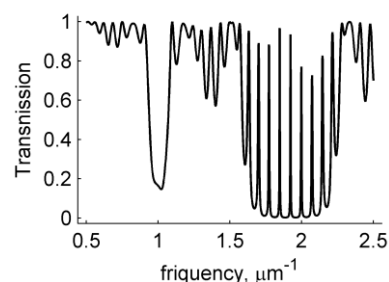


Рис.2. Запрещенные зоны и дефектные моды в спектре пропускания структуры

Полученные результаты с очень высокой степенью точности соответствуют прогнозируемым, что делает метод Берремана очень мощным способом решения оптических задач.

1. Berreman D.W. // J. Opt. Soc. Am. №4, V.62, p. 502-510 (1972)
2. Палто С.П.//ЖЭТФ, том 119, вып.4, с. 638-648 (2001)

СПЕКТРЫ ПРОПУСКАНИЯ НАНОВОЛНОВОДОВ ДЛЯ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА СПЕКТРА, СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ НАНОЧАСТИЦ

Рассказов Илья Леонидович, Герасимов Валерий Сергеевич, Исаев

Иван Леонидович, Грачев Алексей Сергеевич

Сибирский федеральный университет, кафедра ФилТ ИИФиРЭ

С.В. Карпов, д.ф.-м.н., профессор

atropos@bk.ru

В настоящей работе исследуются спектры поглощения цепочек плазмонно-резонансных наночастиц с различными конфигурациями, полученных методом электростатической функционализации диэлектрической подложки. Метод основан на использовании металлических нанощаблонов, расположенных с обратной стороны подложки, на которые подается электрический потенциал. При определенных условиях наблюдается избирательное осаждение металлических наночастиц в одномерные упорядоченные структуры из объема гидрозоля на подложку, снабженную нанощаблоном. В работе определены параметры исследуемой системы, при которых происходит формирование бездефектной линейной одномерной цепочки наночастиц и исследованы ее спектры пропускания, как оптического волновода с нанометровым сечением. Расчет процесса осаждения наночастиц из объема золя выполняется методом броуновской динамики. Решение уравнений Ланжевена для каждой отдельной частиц ансамбля выполняются методом «предиктор-корректор». В модели учитываются ван-дер-ваальсовы, упругие, диссипативные и стохастические силы. Дополнительные силы, учитываемые в модели, связаны с электростатическим взаимодействием частиц с неоднородным электрическим полем, создаваемым наноразмерной металлической дорожкой (шаблоном). Показано, что предложенным методом при ограниченной длине шаблона возможно получение односторонних цепочек частиц лишь неэквидистантного типа, либо двухсторонних цепочек. Показано, что период цепочки из 10 частиц возрастает от середины к краям на 10%.

Целью работы являлось определение степени пригодности таких конфигураций для передачи оптического излучения на наномасштабах путем сравнения спектров пропускания со спектрами идеальных односторонних и эквидистантных цепочек.

В работе получены спектры пропускания нановолноводов, синтезированных на основе различных конфигураций наночастиц, при различной поляризации внешнего излучения. Показано, что спектры пропускания (в полосе плазмонного поглощения) односторонних и двухсторонних цепочек из наночастиц серебра незначительно отличаются от спектра идеальных волноводов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ И ФОРМЫ МОЛЕКУЛ И ЧАСТИЦ ХИТОЗАНА В РАСТВОРЕ МЕТОДОМ СВЕТОРАССЕЯНИЯ

Сапожникова Екатерина Сергеевна

*Сибирский федеральный университет, кафедра экспериментальной и медицинской
физики ИИФиРЭ*

*А.Г. Сизых, к.ф.-м.н., проф.
sapognikova_kate@mail.ru*

Благодаря уникальным физико-химическим и биологическим свойствам хитозана, как биосовместимость, биodeградируемость, высокая абсорбционная способность и антибактериальное качество, позволяют его использовать в медицине, часто в наноразмерных дисперсиях. Обычно коммерческие образцы хитозана не сопровождаются точными значениями молекулярной массы. В связи с этим решение задачи определения молекулярных характеристик конкретных образцов хитозана является практически важной. В настоящей работе были исследованы растворы хитозана (ММ 100 кДа, ДА 94%) в разбавленной уксусной кислоте (1 %) в интервале концентраций $c=0,01\div 0,21$ вес. %. На спектрофотометре Lambda 35 Perkin Elmer получены спектры оптической плотности растворов в диапазоне длин волн 200÷700 нм. Турбидиметрические данные для определения интенсивности светорассеяния соответствовали области прозрачности образца: 400-700 нм. С помощью спектрофлуориметра Fluorolog-3-22 Horiba Jobin Yvon были также выполнены измерения интенсивности рассеяния света и степени деполяризации при двух длинах волн 420 и 500 нм. По результатам измерений были определены величины: средневесовая молекулярная масса M_w , второй вириальный коэффициент A_2 , степень деполяризации и показатель степени n в зависимости интенсивности рассеяния света от длины волны ($I\sim\lambda^{-n}$) (1). Интересным результатом работы является получение характерного излома функциональной зависимости $Hc/I=1/M_w\Phi+2A_2c$ (2) (H -const., Φ -функция внутренней интерференции) для малых (0,01-0,09 вес. %) и больших (0,09-0,21 вес. %) концентраций биополимера. Путем экстраполяции функции (2) к нулевой концентрации определены значения M_w : 660 ± 10 кДа и 1050 ± 58 кДа, а по наклону линейных зависимостей (2) - A_2 : $(-4.2\pm 0.8)10^{-4}$ и $(2,4\pm 0,2)10^{-4}$, соответственно. Анализируя полученные данные, можно сказать, что при увеличении концентрации хитозана в уксусной кислоте в интервале 0,09-0,21 вес. % происходит агрегация молекул в частицы. Используя значения показателя степени в формуле (1) и степени деполяризации, были охарактеризованы размер и форма молекул хитозана. Диапазон полученных значений $n=2,6-3,6$ в интервале концентраций 0,21-0,01 вес. % свидетельствует об уменьшении размеров частиц биополимера в растворе в процессе разбавления. Степень деполяризации в зависимости от концентрации хитозана лежит в пределах от 0,01 до 0,04, что говорит о значительной изотропии и сферичности формы частиц биополимера.

ГЕНЕРАЦИЯ ЧЕТВЕРТОЙ ГАРМОНИКИ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА НА ТИТАН-САПФИРЕ В НЕЛИНЕЙНОМ ФОТОННОМ КРИСТАЛЛЕ ТЕТРАБОРАТА СТРОНЦИЯ

Ровский Владимир Евгеньевич

Сибирский федеральный университет, кафедра ФилТ ИИФирЭ

В.В. Слабко, д.ф.-м.н., профессор

sfufizik@rambler.ru

Приводятся результаты экспериментальных исследований по генерации четвертой гармоники фемтосекундного лазера на титан-сапфире вследствие случайного квазифазового синхронизма в нелинейном фотонном кристалле (НФК) [1] тетрабората стронция. Показано, что данный кристалл позволяет осуществить перестраиваемую генерацию излучения в области дальнего ультрафиолета. Максимальная средняя мощность четвертой гармоники на длине волны 200 нм достигала 1 мкВт. Спектр четвертой гармоники имеет форму, не типичную для спектра излучения, сгенерированного в условиях углового синхронизма, и состоит из серии острых пиков. Типичная ширина спектральных пиков составляет 0,1 нм. При повороте НФК спектр четвертой гармоники испытывает сдвиг в длинноволновую область, что позволяет идентифицировать пиковую структуру в спектре четвертой гармоники как проявление зонной структуры НФК, предсказанной ранее в работе [2]. Экспериментально показано, что спектр генерируемого излучения сохраняется вне зависимости от направления распространения основного излучения через НФК. Измерен коэффициент увеличения эффективности генерации излучения в условиях случайного квазифазового синхронизма в НФК по сравнению с несинхронной генерацией в монодоменном образце. Данный коэффициент составляет 320 раз и по порядку величины совпадает с ожидаемым значением. Путем перестройки центральной длины волны основного излучения получена перестраиваемая генерация четвертой гармоники излучения фемтосекундного лазера на титан-сапфире в спектральном диапазоне от 215 до 187,5 нм. Основными ограничивающими факторами являются поглощение воздуха и область перестройки фемтосекундного лазера, в то время как поглощение тетрабората стронция оказывает второстепенное влияние.

1. Berger V. Nonlinear Photonic Crystals / V. Berger // Phys. Rev. Lett. – 1998. – V.81. – P.4136–4139.
2. Aleksandrovsky A.S. Random quasi-phase-matching in nonlinear photonic crystal structure of strontium tetraborate / A.S. Aleksandrovsky, A.M. Vyunishev, I.E. Shakhura, A.I. Zaitsev, A.V. Zamkov // Phys. Rev. A. – 2008. – V.78. – P.031802-1-031802-4.

**ЗАВИСИМОСТЬ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ОТ ТОЛЩИНЫ
ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ Ge В ПЯТИСЛОЙНЫХ
ПЛЕНКАХ Ni-Ge**

Гребенькова Юлия Эрнестовна¹, Великанов Дмитрий Анатольевич²
*Сибирский федеральный университет, кафедра физики конденсированного
состояния вещества ИИФиРЭ¹*
Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН²
И.С. Эдельман, д.ф.-м.н., профессор
ulia_cezars@mail.ru

Большие усилия направлены на интеграцию магнитных компонент в полупроводниковую архитектуру современных компьютеров. Современный подход ориентирован на гибридные системы ферромагнитный металл – полупроводник. В настоящей работе экспериментально исследована зависимость магнитных свойств многослойных пленочных структур Ni-Ge от толщин составляющих слоев.

Намагниченность измерена на SQUID (СКВИД) – магнетометре при температурах 4.2–275 К в магнитном поле (H) до 1 кЭ. Измерения температурных зависимостей намагниченности проводились в двух режимах: (1) образец охлаждался в определенном магнитном поле (FC), (2) образец охлаждался в отсутствие магнитного поля (ZFC), измерение в обоих случаях проводилось на цикле нагревания. Были использованы две величины магнитного поля: 300 Э и 600 Э.

У всех пленок в низкотемпературной области наблюдалось сильное различие между кривыми намагничивания, полученными в результате измерений в двух режимах. Кривые режимов FC и ZFC совпадают друг с другом только при температурах T, выше некоторой температуры T_m. Максимальная температура T_m на температурной зависимости намагниченности в режиме ZFC приблизительно одинаковая для всех образцов с различной толщиной промежуточного слоя Ge, однако она зависит от направления магнитного поля относительно поверхности пленки и его величины.

Для пятислойных структур также характерны асимметрия петли гистерезиса и ее сдвиг вдоль оси магнитного поля. Эти особенности четко проявляются с увеличением толщины промежуточного слоя Ge. Наблюдаемые явления объясняются влиянием взаимной диффузии Ni и Ge и образованием между слоями интерфейса сложного состава и структуры.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ АТОМОВ ЛИТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ α -ПЛОСКОСТИ БОРА

Елисеева Наталья Сергеевна

Сибирский федеральный университет, кафедра физической и неорганической химии ИЦМиМ

А.А. Кузубов, к.ф.-м.н., доцент

nataxa1.09@mail.ru

Развитие литий-ионных аккумуляторов в настоящее время является одной из самых актуальных задач в области источников тока ввиду их перспективности.

В работе проводилась оценка с помощью квантово-химических расчетов возможности использования α -плоскости бора, в качестве потенциального материала для анодов в литий-ионных батареях. Вычисления были проведены с помощью квантово-химического пакета VASP в рамках формализма функционала локальной плотности (DFT), с использованием ультрамягких псевдопотенциалов Вандербиля. Для нахождения переходного состояния и потенциальных барьеров при перескоке атома лития по поверхности был применен метод упругой ленты (nudged elastic band).

На начальном этапе исследования проводилась предварительная оптимизация α -плоскости, заключающаяся в поэтапной оптимизации векторов трансляции элементарной ячейки и последующей процедуры поиска оптимального положения атомов.

Далее определялось наиболее выгодное геометрическое положение атома лития на α -плоскости. Рассматривались два возможных положения атома лития над различными атомами бора, его расположение над серединой связи В-В и над центром треугольника, образованного атомами бора, а также над центром пустого шестиугольника. Для каждого положения была рассчитана энергия связи Li-B. Для наиболее выгодного положения лития над центром пустого шестиугольника она равна 2.1 эВ.

Исходя из наиболее выгодного положения, было проведено моделирование структур с большей степенью заполнения поверхности. Структуры по-прежнему остаются выгодными, что позволяет говорить о возможности эффективной сорбции лития на поверхность α -плоскости. При этом максимальная массовая доля лития на сорбенте составляет 32% (в соединении Li_3B_4). Энергия связи Li-B в структуре Li_3B_4 равна 1.49 эВ.

В ходе исследования был рассмотрен процесс диффузии одиночного атома лития из одного стационарного состояния в другое. Барьер реакции составил 0.492 эВ, что свидетельствует о возможности свободного перемещения атома лития по поверхности.

Согласно результатам исследования, α -плоскость бора является подходящим материалом для анодов в литий-ионных батареях.

ФОНОНЫ В КОЛЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛАХ

Ершов Александр Евгеньевич

Сибирский федеральный университет, кафедра теоретической физики ИИФиРЭ

С.В. Карпов, д.ф.-м.н., профессор

fiaf1@mail.ru

Коллоидные кристаллы являются одним из самых перспективных объектов для применения в нанофотонике для целей управления модулированными световыми потоками на наномасштабах.

В настоящей работе исследованы колебательные свойства плоского 2D коллоидного кристалла с гексагональной структуры, составленного из плазмонно-резонансных наночастиц серебра. Расчеты дисперсионной зависимости выполнялись как аналитическими (в гармоническом приближении), так и численными методами с учетом ван-дер-ваальсовых, упругих и диссипативных сил. Дисперсионная зависимость колебаний кристалла исследована для различных направлений распространения волны и поляризаций.

В зависимости от этих условий в плоской гексагональной структуре кристалла выбирается ряд частиц, образующих плоский волновой фронт возбуждения. Выбранные частицы совершают колебания по гармоническому закону вне зависимости от действующих на них сил. Для остальных частиц структуры, на которые передается возбуждение, методом «предиктор-корректор» пятого порядка решаются уравнения движения с учетом равнодействующей сил. Для нахождения волнового вектора при заданной частоте колебаний определяется разница во времени между двумя моментами максимального отклонения от равновесия частиц одного и второго ряда, разнесенных до границ кристалла.

Теоретическая модель включает в себя расчет динамической матрицы с учетом граничных условий Борна-Крамана. При этом силовая матрица будет выражаться через потенциальную энергию, которая складывается из потенциальной энергии взаимодействия всех частиц:

В модели используется линейное приближение (закон Гука), при этом коэффициент жесткости определяется на основе реалистичных парных потенциалов межчастичного взаимодействия (ван-дер-ваальсова и упругого) для различных значений межчастичных зазоров.

Исследовано влияние на дисперсионную зависимость таких факторов, как размер частиц и дисперсия размеров, разброс толщины адсорбционных слоев, наличие в кристаллической структуре различных дефектов типа вакансий, междоузлий и дислокаций.

ЭЛЕКТРОКАЛОРИЧЕСКИЙ И ТЕРМОПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ В ДИЭЛЕКТРИКАХ

Зинченко Наталья Ивановна

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

В.С. Бондарев, к.ф.-м.н.

Natusik788@yandex.ru

Настоящая работа направлена на решение фундаментальных проблем физики конденсированных сред и материаловедения, связанных с развитием представлений о механизмах изменения энтропии и температуры твердых тел во внешних полях различной физической природы (калорических эффектов) и их связи с сегнетоэлектрическими, сегнетоэластическими и ферромагнитными фазовыми переходами.

Более эффективными в последнее время считаются методы охлаждения, основанные на использовании калорических эффектов (КЭ) в твердых телах (хладагентах) – магнетиках и диэлектриках. В общем виде КЭ связаны с обратимым изменением энтропии или температуры термодинамической системы при изменении обобщенных внешних полей (электрического, магнитного, механических напряжений) соответственно в изотермическом или адиабатном процессах. Эффект охлаждения при этом возникает за счет взаимодействия внешнего поля с микроструктурными составляющими твердого тела, например, доменами, ионами, ядрами. Наиболее перспективными являются на сегодняшний момент термополяризационный и электрокалорический эффекты, которые неразрывно связаны между собой.

В работе представлены результаты анализа влияния термополяризационного и электрокалорического эффекта в различных диэлектрических системах при создании эффективного охлаждения с помощью твердотельного хладагента.

Сравнительный анализ различных способов охлаждения позволяет ожидать, что в обозримом будущем твердотельные холодильные машины постепенно вытеснят традиционные холодильники вначале в системах термостабилизации элементов электроники, затем в быту и в промышленности.

1. А.М. Прудан. // Электрокалорическое охлаждение: состояние и перспектива. Доклад на Академических чтениях Международной академии холода. – С.-П., 2005.

СТРУКТУРА И МАГНЕТИЗМ СМЕШАННЫХ Co-Fe ЛЮДВИГИТОВ

Князев Юрий Владимирович

Сибирский федеральный университет, кафедра электрические станции и
энергетические системы

Н.Б. Иванова, д.ф.-м.н., доцент

nat@iph.krasn.ru

В работе приведены результаты исследований структурных, электрических, магнитных свойств, а также эффекта Мессбауэра в железо-кобальтовом оксиборате $\text{Co}_{2,25}\text{Fe}_{0,75}\text{VO}_5$ со структурой людвигита. Магнитные свойства базовых соединений Fe_3VO_5 и Co_3VO_5 неожиданно резко различаются. В исследуемом соединении выявлен сложный сценарий магнитного упорядочения (рис. 1), аналогичный соединению Fe_3VO_5 , а не Co_3VO_5 .

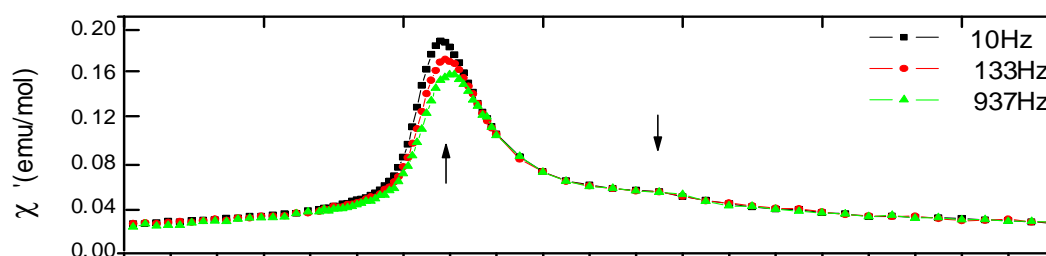


Рис. 1. Температурная зависимость магнитной восприимчивости $\text{Co}_{2,25}\text{Fe}_{0,75}\text{VO}_5$ на переменном токе. Аномалия при 117 К соответствует магнитному упорядочению части ионов. Пик при 70 К – спин-стекольное упорядочение остальных магнитных

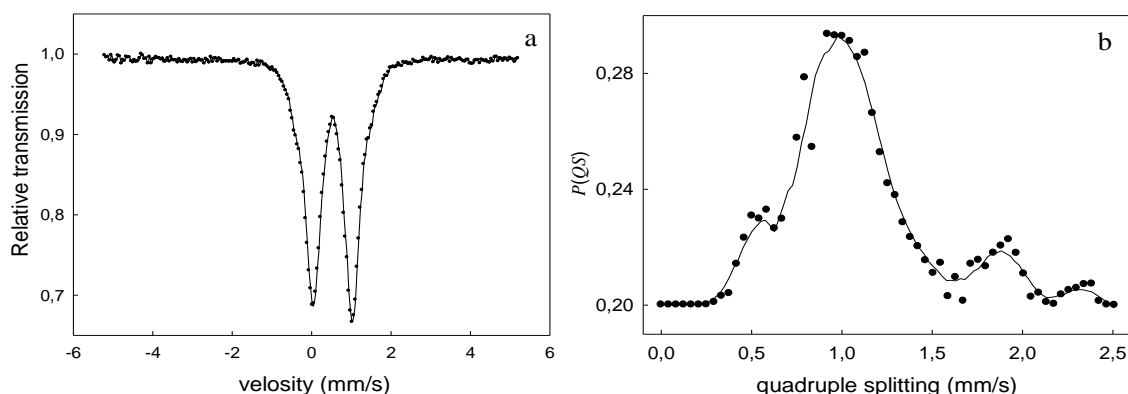


Рис. 2. Мессбауэровский спектр и вероятности квадрупольных расщеплений $\text{Co}_{2,25}\text{Fe}_{0,75}\text{VO}_5$. Виден вклад ионов Fe^{3+} в четырех неэквивалентных позициях

Полученные результаты объяснены на основе данных эффекта Мессбауэра, показавших неравномерное распределение ионов железа по неэквивалентным кристаллографическим позициям (рис. 2). Показано, что ионы железа преимущественно входят в те позиции, которые в наибольшей степени ответственны за магнитный порядок. Дан анализ обменных взаимодействий.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АЛЮМИНИЕВОГО КЛАСТЕРА С ПОВЕРХНОСТЬЮ КРЕМНИЯ

Кожевникова Татьяна Александровна

*Сибирский федеральный университет, кафедра физической и неорганической
физики ИЦМиМ*

*А.А. Кузубов, к.ф.-м.н.
entalpi@mail.ru*

Наноструктуры кремния привлекают внимание исследователей из-за их потенциальной применимости в электронике. Одним из методов получения кремниевых наночастиц является их рост на кластерах металла.

Для расчетов была взята реконструированная поверхность Si (001) и кластер алюминия (51 атом металла). Вычисления были проведены в рамках формализма функционала локальной плотности (DFT) с использованием пакета VASP.

Для начала на поверхность кремния помещался атом металла в различных наиболее выгодных положениях. Было посчитано четыре поверхностных состояния: у нижнего атома димера L, ассиметричное между двумя димерами в одном димерном ряду Pa, симметричное Ps, траншейное T4 и T3, и три «внутренних» положения: UPs, UH и UD.

В результате расчеты показали, что наиболее выгодные поверхностные положения Pa и T3. «Внутренние» положения менее выгодны, чем поверхностное Pa.

Затем были оптимизирована поверхность кремния, полностью заполненная атомами алюминия в наиболее выгодных положениях: Ps, L, T3 и UD. При полном заполнении наиболее выгодны положения Ps и T3. Скорей всего атомы алюминия будут адсорбироваться только на поверхности Si (001). и будут выстраиваться двумя рядами в положениях Ps и T3. Что подтверждается расчетами полного двойного заполнения.

Следующим этапом работы было помещение кластера Al₅₁ на поверхность Si (001). Атомы кластера располагались так, чтобы оказаться в положениях Ps и T3. Энергия связи между кластером и поверхностью составила -3.69eV.

Затем на поверхность кластера алюминия помещался одиночный атом кремния, как на поверхность, так и во внутренние положения. После этого моделировался их отжиг методами демпфированной и молекулярной динамики. В результате получилось, что для атома кремния нет существенной разницы в месте адсорбции на кластере. Кроме того, на одной из структур было показано, что атом кремния способен перемещаться по поверхности кластера, что может обеспечить возможность миграции атом кремния по поверхности кластера к месту реакции.

СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ $\chi(T)$ »

Красиков Александр Александрович

Сибирский федеральный университет, кафедра физики конденсированного
состояния вещества ИИФиРЭ

С.И. Попков, к.ф.-м.н., н.с.

Sergey_p@iph.krasu.ru

В работе была разработана установка по измерению магнитной восприимчивости на базе стандартного прибора «Измеритель импеданса ВМ 507». Актуальность данной работы была обусловлена необходимостью создания стенда для проведения лабораторных работ студентов по курсу «магнитные измерения».

Принцип работы установки – изменение индуктивности регистрирующего соленоида в зависимости от материала сердечника.

Используя формулы для магнитного потока и индуктивности соленоида можно вычислить восприимчивость материала сердечника.

Таким образом, установка позволяет проводить температурные измерения магнитной восприимчивости $\chi(T)$ веществ. Температура регистрируется термопарой «медь-константан». Для тестирования установки были измерены температурные зависимости восприимчивости образцов высокотемпературного сверхпроводника $Bi_{1.8}Pb_{0.3}Sr_{1.9}Ca_2Cu_3O_{10}$, и замещенного манганита лантана $(La_{0.5}Eu_{0.5})_{0.7}Pb_{0.3}MnO_3$, на которых были определены критические температуры. Полученные результаты сравнивались с измерениями выполненными на установке «вибрационный магнитометр» (1). На рис.1 а, б представлены температурные зависимости восприимчивости $\chi(T)$ указанных образцов.

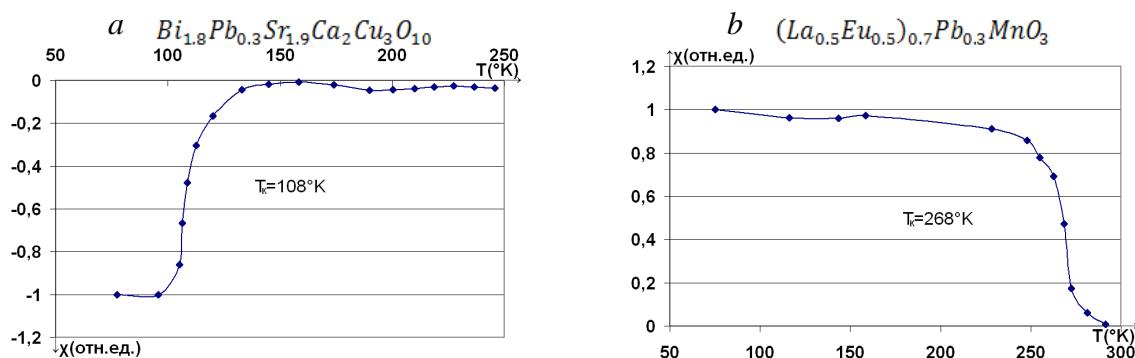


Рис.1.

1. ПТЭ 3, 167 / А.Д.Балаев, Ю.В.Бояршинов, М.М.Карпенко, Б.П.Хрусталеv. 1985.

КАЛОРИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В НЕКОТОРЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СУЛЬФАТАХ

Михалёва Екатерина Андреевна

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФиРЭ

И.Н. Флёров, д.ф.–м.н., профессор

katerina@iph.krasn.ru

Калорические эффекты, заключающиеся в изменении энтропии или температуры термодинамической системы при изменении напряженности внешнего поля (электрического, магнитного, механических напряжений), представляют как фундаментальный, так и прикладной интерес [1]. Во-первых, их изучение позволяет расширить представления о связи внутренних параметров системы (состав, структура, свойства) и внешних воздействий. Во-вторых, в последнее время активно развивается прикладное направление, связанное с построением эффективных охлаждающих устройств на основе твердотельных хладагентов, обладающих ярко выраженными электро- и/или магнето-калорическими свойствами. Особый интерес представляет изучение возможности реализации калорических эффектов различной физической природы в одном и том же объекте, что может привести к усилению совокупной калорической эффективности материала.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментального и теоретического исследования термодинамических свойств, электро- (ЭКЭ) и барокалорического (БКЭ) эффектов в ряде сегнетоэлектрических твердых растворов $Rb_x(NH_4)_{1-x}HSO_4$ и кристалле ТГС.

Показана возможность определения величин интенсивного ΔT_{AD} и экстенсивного $\Delta S_{KЭ}$ ЭКЭ на основе результатов анализа теплоемкости сегнетоэлектриков в рамках термодинамической теории фазовых переходов и установлено их удовлетворительное согласие с данными прямых экспериментальных измерений.

На основе методики, предложенной в [2], и с использованием данных о температурной зависимости теплоемкости и восприимчивости к гидростатическому давлению выполнен анализ барокалорической эффективности изученных в работе сульфатов.

Выполнен сравнительный анализ полученных данных о БКЭ и ЭКЭ и результатов изучения калорических эффектов в ферроиках, рассматриваемых в качестве перспективных твердотельных хладагентов.

1. Синявский Ю.В. Электрокалорические рефрижераторы – перспективная альтернатива современным низкотемпературным установкам / Ю.В.Синявский // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1995. – №6. – С. 5 – 12.
2. Горев М.В. Барокалорический эффект в области структурного фазового перехода в оксифториде Rb_2KTiOF_5 / М.В.Горев, И.Н.Флёров, Е.В.Богданов, В.Н.Воронов, Н.М.Лапташ //ФТТ. – 2010. – Т.52 – №2. – С.351–357.

ЛОКАЛЬНАЯ СИММЕТРИЯ И КАТИОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В $Pb_3Mn_7O_{15}$, ДОПИРОВАННОМ ЖЕЛЕЗОМ.

Осетров Евгений Игоревич

Сибирский федеральный университет, кафедра физики конденсированного состояния вещества ИИФирЭ

О.А. Баяков, д.ф.-м.н, ст.н.с.

evgeniy-osetrov@mail.ru

Кристалл $Pb_3Mn_7O_{15}$ относится к кристаллам смешанной валентности (Mn^{3+} и Mn^{4+}). Интерес к ним возник из-за возможных структурных и магнитных переходов. Для понимания аномальных свойств кристалла, необходимо знание состояния катионов и их распределения по кристаллографическим позициям. Для этого привлечены два экспериментальных метода: рентгенография и эффект Мессбауэра.

Мессбауэровские исследования проведены на образцах, допированных изотопом Fe^{57} , при комнатной температуре с источником $Co^{57}(Cr)$ на спектрометре MC-1104Em, рис.1. Они представляют собой несимметричные дублеты. Максимумы на распределениях вероятности квадрупольных расщеплений $P(QS)$ свидетельствуют о наличии четырех неэквивалентных позиций железа. Двухэтапная расшифровка спектра позволила определить мессбауэровские параметры всех позиций.

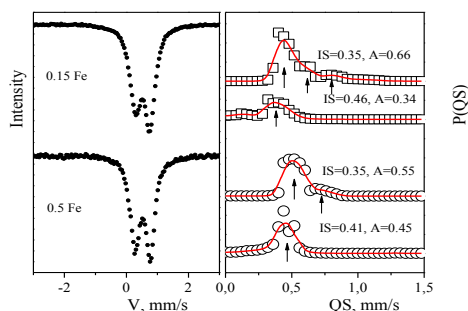


Рис.1. Мессбауэровские спектры и распределения вероятности $P(QS)$ квадрупольных расщеплений в $Pb_3Mn_{7-x}Fe_xO_{15}$

Вычисленные на основе рентгеновских данных, градиенты электрического поля соотнесены с квадрупольными расщеплениями мессбауэровского эксперимента.

Условие совершенства и катионной, и анионной подрешеток приводит к следующим кристаллохимическим формулам $Pb_3Mn1_{2.8579}^{3+}Fe1_{0.0035}^{3+}Mn1_{0.1386}^{4+}Mn2_{1.972}^{4+}Fe2_{0.028}^{3+}Mn3_{1.0921}^{3+}Mn3_{0.4079}^{4+}Mn4_{0.4815}^{4+}Fe4_{0.0185}^{3+}O_{15}$; для образца 0.05 и $Pb_3Mn1_{2.8203}^{3+}Fe1_{0.0135}^{3+}Mn1_{0.1662}^{4+}Mn2_{1.955}^{4+}Fe2$

$_{0.045}^{3+}Mn3_{1.0297}^{3+}Fe3_{0.021}^{3+}Mn3_{0.4493}^{4+}Mn4_{0.4295}^{4+}Fe4_{0.0705}^{3+}O_{15}$. для образца 0.15.

Таким образом, приходим к следующим выводам:

1) Железо в оксид марганца входит только в трехвалентном состоянии, предпочитая позиции Mn4 и Mn2; 2) Mn^{3+} предпочитает позиции Mn1 и Mn3; 3) Mn^{4+} предпочитает позиции Mn2 и Mn4; 4) Симметрию на узле определяют углы связи O-Mn-O в не меньшей мере, чем величины межионных расстояний.

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОБАЛЬТИТОВ



Платунов Михаил Сергеевич

Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН

С.Г. Овчинников, д.ф.-м.н., профессор

platonov@iph.krasn.ru

Основная проблема физики кобальтитов заключается в неустойчивости спинового состояния иона Co^{3+} , которое очень чувствительно к длине связи Co-O . Эта длина может быть изменена гидростатическим или химическим давлением; последнее вызывается замещением ионами с различными ионными радиусами. В базовом составе GdCoO_3 ионы кобальта немагнитны ниже комнатной температуры.

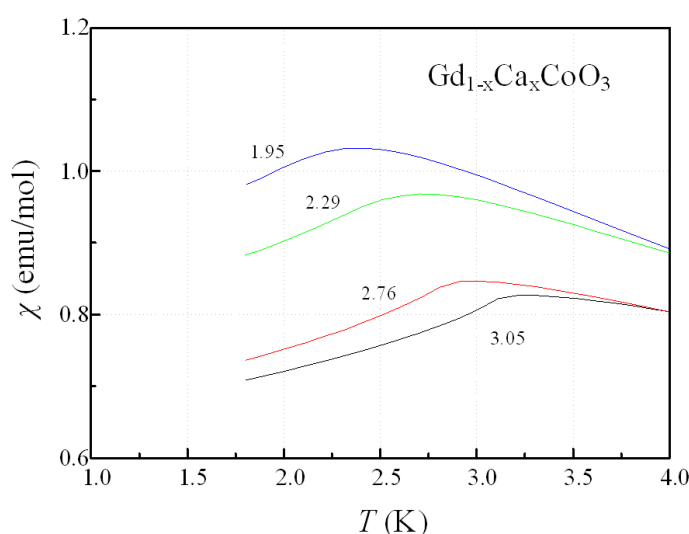


Рис. 1. Низкотемпературная магнитная восприимчивость $\text{Gd}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_{3-\delta}$ ($x=0, 0.05, 0.1, 0.2$ снизу вверх)

Замещение гадолиния на барий и стронций приводит к переходу кобальта в магнитное состояние [1]. Этот эффект более выражен для замещения ионом Ba^{2+} , чем для иона Sr^{2+} , возможно, по причине большего ионного радиуса Ba^{2+} . В данной работе проверена эта гипотеза путем замещения Gd^{3+} на Ca^{2+} с меньшим ионным радиусом. Поликристаллические образцы $\text{Gd}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_{3-\delta}$ ($x=0, 0.05, 0.1, 0.2$) получены тремя методами: из раствора, твердотельной реакцией и золь-гель методом.

Магнитное поведение $\text{Gd}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_{3-\delta}$ оказалось подобно чистому $\text{GdCoO}_{3-\delta}$ независимо от метода изготовления. При низких температурах наблюдалось антиферромагнитное упорядочение (рис. 1).

Во всех случаях проводимость $\text{Gd}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_{3-\delta}$ увеличивалась с замещением. В отличие от магнитных свойств величина проводимости сильно зависит от методики изготовления образцов.

Вывод: замещение кальцием в отличие от Sr и Ba не оказывает значительного влияния на магнитные свойства GdCoO_3 . Все ионы Co в $\text{Gd}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_{3-\delta}$ находятся в низкоспиновом состоянии ниже комнатной температуры. Причина заключается в малом ионном радиусе иона Ca^{2+} .

1. Ivanova N.B., Ovchinnikov S.G., Korshunov M.M. et. al. The features of spin, charge and orbital ordering in cobaltites // Physics-USpekhi. – 2009. –V.52. – P. 837-860.

СКЕЙЛИНГ АНИЗОТРОПИИ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕКСТУРЫ $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_{1.9}\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x / \text{Ag}$

Сабитова Элина Иршатовна

*Сибирский федеральный университет, кафедра физики конденсированного
состояния вещества ИИФирЭ*

Д.А. Балаев, к.ф.-м.н., доцент

Исследована анизотропия магнитосопротивления текстурированных керамик $\text{Bi}_{1.8}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_{1.9}\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x + \text{Ag}$ при транспортном токе, текущем, как параллельно c -оси ВТСП кристаллитов, так и в a - b плоскостях и различных направлениях внешнего поля относительно кристаллографических осей кристаллитов и направления тока. Наблюдается анизотропия магнитосопротивления: R при $H \parallel c$ больше, чем R при $H \parallel a$ - b для обоих случаев $I \parallel c$ и $I \parallel a$ - b . Коэффициент анизотропии $\gamma \approx 2.2$ - 2.5 оценен масштабированием зависимостей $R(H)$, измеренных при $H \parallel c$ и $H \parallel a$ - b . Масштабирование проводилось построением графиков $R(H^*)$ согласно скейлинговой зависимости $H^* = H (\gamma^2 \sin^2 \theta + \cos^2 \theta)^{1/2}$, предложенной в работе [1].

Также исследовано влияние взаимной ориентации внешнего поля и транспортного тока при $I \parallel a$ - b и $H \parallel a$ - b (силы Лоренца). Оказалось, что хотя влияние силы Лоренца достаточно мало, тем не менее, анизотропная часть магнитосопротивления следует функциональной зависимости $\sim \sin^2 \varphi$ ($\varphi = \angle H, I$), что характерно для течения вихрей [2].

1. Нао, Clem название // Phys. Rev. B – 1992. – V. 56 (N17). – P. 11299-11304. Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа / А.Н.Колмогоров, С.В.Фомин. – М.: Наука, 1977.
2. Bardeen J., Stephen M.J., Theory of motion of vortices in superconductors // Phys. Rev. – 1965. – Vol.140(N4A). – P. A1197 – A1207.

МАГНЕТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В МАГНЕТИКАХ

Сергеева Мария Вадимовна

Сибирский федеральный университет, кафедра теплофизики ИИФирЭ

А.В. Карташев, к.ф.-м.н.

Marlika@mail.ru

В настоящее время остро стоит вопрос охраны окружающей среды. Нам известно отрицательное влияние некоторых химических веществ на окружающую нас природу. Одним из таких соединений является фреон – это активно применяемый хладагент, который в частности используется в домашних и промышленных холодильниках. Так же нам известно, что он отрицательно влияет на озоновый слой атмосферы нашей планеты. Это является одним из факторов, почему ученые многих стран занимаются изучением вопроса, связанного с поиском хладагента, на основе твердого тела, а так же вопросом о создании охлаждающих устройств.

Одним из перспективных направлений связанных с поиском новых методов охлаждения является развитие калорических эффектов. Эти эффекты обусловлены изменением энтропии и последующим уменьшением температуры термодинамической системы при изменении обобщенных внешних полей в изотермическом и в адиабатическом процессе.

Созданная в настоящий момент действующая модель, такого устройства в качестве хладагента использует редкий и дорогой элемент Гадолий. По этой причине является актуальным поиск других хладагентов на основе более дешевых элементов. В настоящей работе выполнен обзор литературных данных для соединений на основе $\text{Me}_x^{\text{III}}\text{Me}_{1-x}^{\text{II}}\text{MnO}_3$, или манганитов. Несмотря на скромные, по сравнению с соединениями на основе Gd, величинами МКЭ, Манганиты имеют и преимущества, например, возможность синтеза ряда твердых растворов с различными температурами фазового перехода в магнитную фазу.

МКЭ долгое время не привлекал внимания, но в дальнейшем этот метод охлаждения может зарекомендовать себя в качестве одного из самых эффективных способов охлаждения в широком интервале температур как ниже так и выше комнатной температуры.

МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА F-F ПЕРЕХОДОВ В ИОНЕ Dy^{3+} В ОКСИДНЫХ СТЁКЛАХ

Строкова Алёна Юрьевна

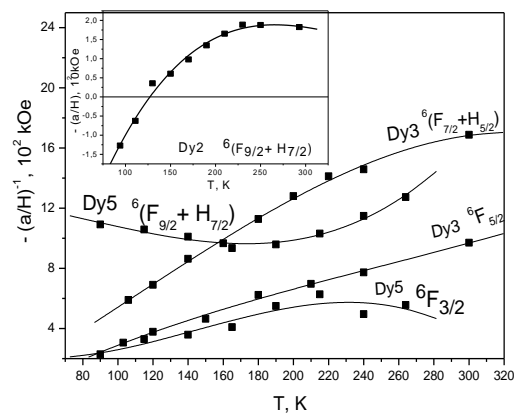
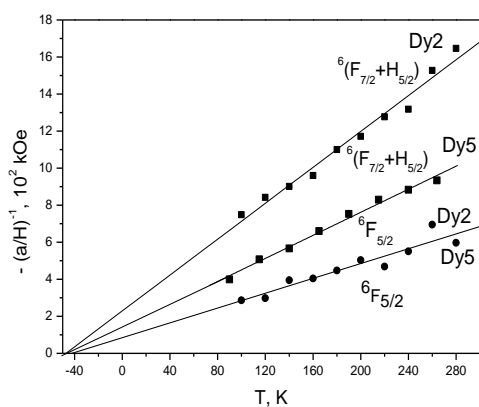
Сибирский федеральный университет, кафедра физики твёрдого тела ИИФиРЭ

А.В. Малаховский, д.ф.-м.н., Институт физики им. Л.В. Куренского СО РАН

malakha@iph.krasn.ru

Переходы внутри 4f оболочки ($f-f$ переходы) запрещены по чётности и разрешаются только благодаря нецентросимметричным компонентам кристаллического поля. Это может приводить к различию магнитооптических свойств разрешённых и $f-f$ переходов.

В настоящей работе проведено исследование температурной зависимости (94 – 293 К) спектров поглощения и магнитного кругового дихроизма (МКД) $f-f$ переходов: ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^6F_{3/2}$, ${}^6F_{5/2}$, ${}^6(F_{7/2}+H_{5/2})$, ${}^6(F_{9/2}+H_{7/2})$ в ионах Dy^{3+} в стеклах: Dy2 [$Dy_2O_3+(P_2O_5-SiO_2-GeO_2)$] и Dy3, Dy5 [$Dy_2O_3+(La_2O_3-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2-GeO_2)$], отличающихся концентрацией Dy_2O_3 . На основании этих данных получены температурные зависимости парамагнитной магнитооптической активности (МОА) переходов: отношение нулевых моментов полос МКД и поглощения. Согласно теории Ван-Флека и Хебба, парамагнитная МОА пропорциональна парамагнитной восприимчивости и должна подчиняться закону Кюри или Кюри-Вейсса. Для разрешённых переходов это действительно так. Однако, полученный в данной работе результат (см. рисунок) показывает, что МОА $f-f$ переходов может существенно отклоняться от закона Кюри-Вейсса.



В работе показано, что это происходит потому, что МОА $f-f$ переходов состоит из нескольких вкладов различной величины и знака [1], соотношение которых зависит от типа перехода, а также от заселенности компонент расщепления основного состояния кристаллическим полем, что приводит к дополнительной зависимости МОА от температуры.

1. А.В. Малаховский, В.А. Исаченко, А.Л. Сухачев, А. М. Поцелуйко, В.Н. Заблуда, Т.В. Зарубина, И.С. Эдельман, ФТТ, 2007.-Т.49.-№4.-С.667.

МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ТИП ПРОВОДИМОСТИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ



Харьков Антон Михайлович

Сибирский государственный аэрокосмический университет им.М.Ф. Решетнева,
кафедра технической физики ИКИВТ

С.С. Аплеснин, д.ф.-м.н., профессор

khark.anton@mail.ru

Проведено исследование проводимости твердых растворов $\text{Sm}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ в интервале температур $90\text{K} < T < 400\text{K}$ для составов $x=0,1; x=0,25$. Обнаружен металлический тип проводимости.

Вещества, обладающие сильной взаимосвязью между электрическими и магнитными свойствами, представляют практический интерес для элементарной базы микроэлектроники. Данные исследования помогают разрабатывать новые материалы для спинтроники и сенсорных устройств. Цель работы: Исследование фазового перехода металл-диэлектрик в соединении $\text{Sm}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ по концентрации.

Измерения удельного электросопротивления проведены стандартным четырехзондовым компенсационным методом на постоянном токе: $I=3\text{A}$.

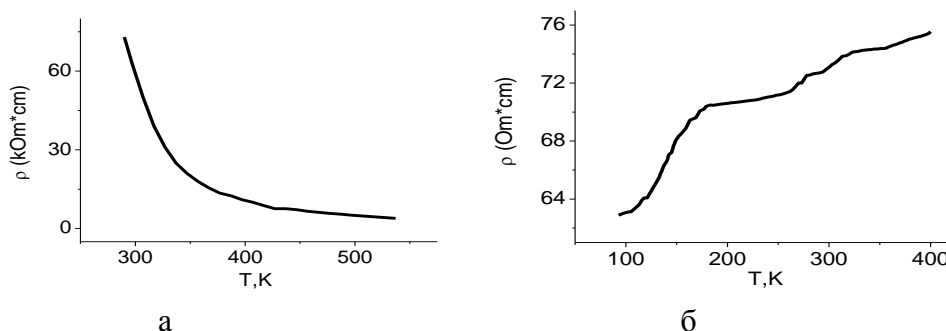


Рис.1. Температурная зависимость удельного электросопротивления для MnS (а), для $\text{Sm}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ с составом $x=0,1$ (б)

Замещение катионов марганца ионами переходных металлов способствует проявлению в твердых растворах новых физических свойств, отсутствовавших в исходных соединениях [1].

Возможно, изменение температурной зависимости сопротивления по величине и качественному виду объясняется формированием узкой примесной зоны в запрещенной зоне, которая расположена в окрестности химпотенциала. Изменение электронной структуры ионов самария с ростом температуры приводит к изменению степени заполнения зоны и соответственно к изменению величины сопротивления [2].

Итак, в твердом растворе $\text{Sm}_x\text{Mn}_{1-x}\text{S}$ с концентрациями $x=0,1; x=0,25$ наблюдается металлический ход проводимости. При замещении Mn на Sm найден фазовый переход металл-диэлектрик.

1. Ч. Киттель. Элементарная физика твердого тела, 368, 1965.
2. С.С. Аплеснин, Л.И. Рябинкина, О.Б. Романова, ФТТ 51, 661, 2009.

Секция IV. ФИЗИКА КОСМОСА

(Председатель: к.ф.-м.н., профессор Л.В. Границкий)

МОДЕЛЬ РЕШЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ

Савранский Дмитрий Сергеевич

Сибирский федеральный университет, инженерно-физическое отделение ИИФиРЭ

Д.А. Кузнецов

savranskydm@gmail.com

Определение координат объекта по результатам измерения дальностей.

Итерационные методы решения навигационных задач. Итерационные методы решения системы нелинейных уравнений различаются объемом вычислений и скоростью сходимости процесса итераций. Среди итерационных методов наибольшее распространение получил метод Ньютона, как один из проще всего реализуемых и быстро сходящихся.

Метод Ньютона в решении системы.

Многократная обработка результатов навигационных измерений по формуле: $q_k = q_{k-1} + C_{k-1}^{-1} R_{k-1}$, где $R_{k-1} = R_n - R_{0(k-1)}$ - вектор разности измеренных R_n и расчетных $R_{0(k-1)}$ величин, C_{k-1} - матрица частных производных от измеряемых навигационных функции по определяемым координатам. Матрица C_{k-1} и вектор невязок R_{k-1} на первой итерации рассчитываются на основании априорных данных, а на последующих итерациях – на основании данных, полученных на предыдущих итерациях. Итерационные циклы повторяются до тех пор, пока отличие последующих уточненных значений определяемых координат по сравнению с предыдущими не окажется меньше заданной погрешности, имеющей смысл остаточной погрешности.

Рассматривается последовательность итерационного расчета координат x, y, z объекта по минимальному объему одновременных измерений.

- 1) Ввод исходных данных;
- 2) Расчет невязок измерений;
- 3) Вычисление матрицы наблюдения C_{k-1} ;
- 4) Оценка прямоугольных координат потребителя.

1. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / В. С. Шебшаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцевич и др.; Под ред. В. С. Шебшаевича.—2-е изд., перераб. и доп.—М.: Радио и связь, 1993.—408 е.: ил, —ISBN 5-256-00174-4.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ШАГА ИНТЕГРИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПЕРЕСЧЕТА ЭФЕМЕРИД НКА НА ТЕКУЩИЙ МОМЕНТ ВРЕМЕНИ

Крехов Алексей Алексеевич

Сибирский федеральный университет, инженерно-физическое отделение ИИФиРЭ

Д.А. Кузнецов

krxov@mail.ru

Постановка задачи: Определение оптимального шага интегрирования при решении задачи пересчета эфемерид НКА на текущий момент времени.

Навигационный космический аппарат (НКА) двигаясь по орбите Земли каждые тридцать минут передает потребителю свои пространственно-временные координаты (x, y, z, t) .

Целью работы является написание программы для определения пространственно-временных координат (x, y, z, t) в любой момент времени, с наиболее высокой точностью. Для этого используется метод Рунге-Кутты 4го порядка.

$$Y_{i+1} = Y_i + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4),$$

$$k_1 = f(x_i, y_i),$$

$$\text{где } k_2 = f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{hk_1}{2}\right),$$

$$k_3 = f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{hk_2}{2}\right),$$

$$k_4 = f(x_i + h, y_i + hk_3)$$

Достоинствами этого метода:

- 1) Высокая точность для многих приложений,
- 2) Легко программируется,
- 3) Самостартующий (для вычисления Y_{i+1} нужно знать только Y_i),
- 4) Легко меняется величина шага на любом этапе.

Недостатки метода: 1) Необходимость 4 раза вычислять значение функции на каждом шаге, 2) отсутствие легко определяемой оценки ошибки метода, помогающей в выборе величины шага.

Контроль точности и выбор величины шага интегрирования производятся путем сравнения в одной и той же точке результатов счета, полученных при значении шага h и $2h$.

Написанная программа считает шесть дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты 4го порядка, и выводит полученные данные на экран.

Вывод: С помощью метода описанного выше мы сможем смоделировать решение задачи определения оптимального шага интегрирования при пересчете эфемерид НКА на текущий момент времени. Данная модель значительно упрощает процесс решения.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ТРОПОСФЕРНОЙ ПОПРАВКИ

Петров Александр Вячеславович

Сибирский федеральный университет, инженерно-физическое отделение ИИФиРЭ

Д.А. Кузнецов

Petrov_alv@mail.ru

Постановка задачи: в работе мы рассчитываем тропосферную поправку к измерениям псевдодальности. Для того чтобы как можно точно решить навигационную задачу, т.е. определить пространственно временные координаты, нужно оценить все возможные погрешности, одна из которых это искажение сигнала в тропосфере. Из-за рефракции электромагнитных волн в тропосфере навигационный сигнал, посылаемые космическим аппаратом, доходит до наземной станции с опозданием, что создает дополнительную погрешность в определении псевдодальности. Для компенсации этой погрешности величину псевдодальномерного измерения S корректируют на тропосферную поправку:

$$S_i = S_i - \Delta S_{\text{ТРОП}}(t)$$

Расчет тропосферной поправки к измерениям псевдодальности проводим по следующей методике [1]:

Вычисляем вспомогательные величины:

а) Ускорение свободного падения и температуры в окрестности наземной станции.

б) Приращение показателя преломления на уровне наземной станции обусловленное поляризацией молекул воздуха.

в) Давление водяного пара в гектопаскалях.

г) приращение показателя преломления на уровне фазового центра антенны, обусловленного дипольным моментом молекул водяного пара.

д) Высотный градиент температуры воздуха.

е) Эквивалентная толщина слоя водяного пара в тропосфере.

ж) Эквивалентная толщина тропосферы по поляризационной составляющей индекса рефракции.

з) Эквивалентная толщина водяного пара дипольной составляющей показателя преломления.

Величина погрешности, обусловленной тропосферной рефракцией колеблется, может достигать 30 метров, причем это в значительной степени определяется углом места. Так при угле менее 5 градусов она может составлять 30 метров, при угле от 45 до 90 градусов она ограничивается 15 метрами. данная методика хорошо зарекомендует себя: предельная остаточная погрешность расчета тропосферных поправок по данной методике составляет 3%.

1. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / В. С. Шебшаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцевич и др.; Под ред. В. С. Шебшаевича.—2-е изд., перераб. и доп.—М.: Радио и связь, 1993.—408 е.: ил, —ISBN 5-256-00174-4.

РЕФРАКЦИЯ СВЕТА В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ. ХРОМАТИЧЕСКАЯ РЕФРАКЦИЯ

Чечкин Антон Вадимович.

Сибирский федеральный университет, кафедра космофизики ИИФиРЭ

Л.В. Границкий, к.ф.-м.н., профессор.

Рефракция астрономическая — явление преломления световых лучей от небесных светил при прохождении через атмосферу.

Вследствие того, что атмосфера является средой оптически неоднородной, лучи света распространяются в ней не прямолинейно, а по некоторой кривой линии. Наблюдатель видит объекты не в направлении их действительного положения, а вдоль касательной к траектории луча в точке наблюдения (объекты как бы приподнимаются над горизонтом).

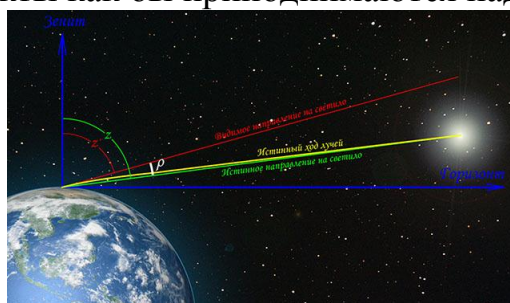


Рис.1. Схема рефракции

Во многих астрономических справочниках есть формулы для учёта рефракции. Также есть поправки к этой формуле, которые позволяют учесть температуру воздуха и атмосферное давление.

Но эти формулы пригодны лишь ограниченного диапазона зенитных расстояний.

В результате проделанной работы, была получена модифицированная формула, позволяющая удовлетворительно описывать результаты наблюдений, и с достаточной степенью точности учитывать влияние рефракции, изменяющей истинные координаты объекта.

После проведённых наблюдений дополнительно было обнаружено, что лучи с разной длиной волны преломляются атмосферой по-разному: красные лучи слабее, синие сильнее. Из дополнительных измерений была получена количественная оценка данного эффекта.

Итогом работы будет выражение, позволяющее как можно точнее учесть изменения истинного положения небесного светила, будь то звезда или астероид. Особенно важным этот результат будет для дальномерных измерений, которые позволяют получить точные координаты спутников с их помощью вычислить элементы их орбиты.

1. Кононович Э.В. Общий курс астрономии / Э.В. Кононович, В.И. Мороз. М.: Едиториал УРСС, 2004.
2. Куликовский П.Г. Справочник любителя астрономии / П.Г Куликовский. М.: Наука, 1971.

**ПОПЕРЕЧНОЕ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЕ МУЛЬТИСЛОЙНОЙ
МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ С НЕМАГНИТНОЙ ПРОСЛОЙКОЙ**

Авакумов Роман Владимирович

*Сибирский государственный аэрокосмический университет,
Научно-образовательный центр «Космические системы и технологии»
Ю.В. Захаров, д.ф.-м.н., профессор, А.Ю. Власов, к.ф.-м.н., доцент
ravakumov@yandex.ru*

В данной работе изучается процесс поперечного перемагничивания магнитной пленки, состоящей из двух магнитомягких слоев с немагнитной прослойкой и нанесенной на магнито жесткую подложку. В такой системе из-за влияния подложки в ферромагнитных слоях распределение намагниченности по толщине пленки при перемагничивании будет неоднородным, и для исследования процесса используется модель, которая была впервые введена в работе [1]. Использование результатов работы [2] позволило получить показанную на рис. 1 зависимость проекции средней намагниченности $\bar{m}_x = \bar{M} / M$ от внешнего нормированного поля h/h_u при разных значениях параметра $\rho = (\alpha_s d_s M_1) / (\alpha_s d_1 M_2)$, где α_s – введенная эффективная константа межслойного взаимодействия; d_s – толщина прослойки; α_1 – постоянная внутреннего обмена нижнего слоя; d_1 – толщина нижнего слоя; M_1 и M_2 – величины намагниченности насыщения нижнего и верхнего слоев соответственно; $h = H/M_1$; H – величина внешнего магнитного поля; $h_u = (\pi/2)^2 \alpha_1 / (2d_1)^2$. Ось x в рассматриваемом случае перпендикулярна направлению внешнего поля, а плоскость xy декартовой системы координат совпадает с плоскостью раздела нижний слой–подложка. При отсутствии внешнего поля векторы намагниченности пленки совпадают с отрицательным направлением оси x .

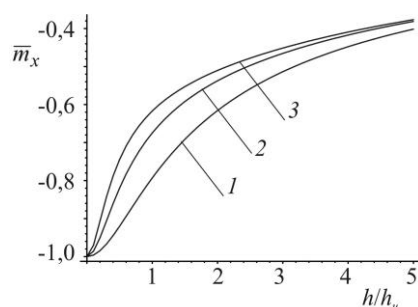


Рис.1. Зависимость проекции средней намагниченности от внешнего магнитного поля (1 – $\rho = 0$, 2 – $\rho = 2$, 3 – $\rho = 4$)

1. Aharoni A. Theoretical approach to the asymmetrical magnetization curve / A. Aharoni, E.H. Frei, S. Shtrikman // J. Appl. Phys. – 1959. – V. 30, №12. – P. 1956–1961.
2. Захаров Ю.В. Статическая и динамическая потеря устойчивости ферромагнитного слоя при перемагничивании / Ю.В. Захаров // ДАН. – 1995. – Т. 344, № 3. – С. 328-332.

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ЖИДКОГО МАССИВНОГО ШАРА В ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Дробов Иван Владимирович

Сибирский федеральный университет, кафедра теоретической физики ИИФиРЭ

А.М. Баранов, д.ф.-м. н., профессор

Drivvl@mail.ru

Конструируется модель жидкого массивного шара в сферических координатах Бонди. Метрику выберем в виде:

$$ds^2 = F(r)dt^2 + 2L(r)dtdr - r^2(d\theta^2 + \sin^2(\theta)d\varphi^2).$$

Распределение массы выберем в виде следующей функции

$$\mu(x) = \mu_0 \cdot \left(\frac{\alpha}{x^2 + \alpha^2} \right),$$

где μ_0 - центральная плотность, $x = r/R$ - безразмерный радиус шара, α - некий безразмерный параметр, с помощью которого можно регулировать степень неоднородности вещества (см.Рис.1).

Уравнения Эйнштейна на функции $\varepsilon(x)$ и $\mu(x)$ выглядят в виде:

$$\varepsilon(x) = \frac{F}{L^2} = 1 - \Phi(x) = 1 - \frac{8\pi}{x} \int \mu(x) x^2 dx.$$

При переходе к новой переменной $d\zeta(x) = \frac{xdx}{\sqrt{\varepsilon(x)}} = \frac{dy}{2\sqrt{\varepsilon(y)}}$ и замене

$F = G^2$ система гравитационных уравнений сводится к уравнению нелинейного пространственного осциллятора:

$$G''_{\zeta\zeta} + \Omega^2(\zeta(y))G = 0, \quad \text{где } y = x^2, \quad G = \sqrt{F}, \quad \text{а } \Omega^2 = \frac{d}{dy} \left(\frac{\Phi}{y} \right).$$

Учитывая математические трудности в решении приведенного уравнения, рассмотрим модель жидкого гравитирующего шара, описываемую приближенным решением для функции $G(y(x))$:

$$\mu/\mu_0 = 1 - C1 \text{AiryAi} \left(0,529 \left(\frac{1}{Ba^6} \right)^{\frac{1}{3}} (-56\mu_0 \pi Ba^2 - 5y + 5A) \right) + C2$$

$$\text{AiryBi} \left(0,529 \left(\frac{1}{Ba^6} \right)^{\frac{1}{3}} (-56\mu_0 \pi Ba^2 - 5y + 5A) \right),$$

где А и В некоторые постоянные.

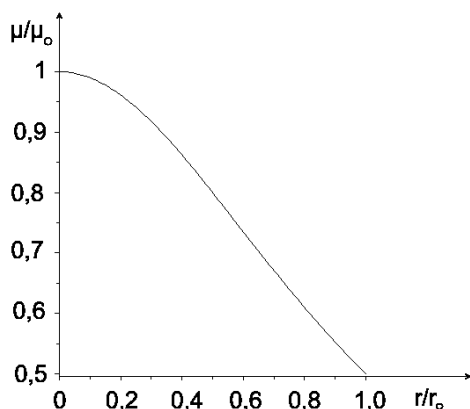


Рис.1. Зависимость плотности от радиуса

НОВАЯ ДИСПЕРСИОННАЯ ВЕТВЬ КОЛЕБАНИЙ ПРИ УЧЁТЕ ДОПЛЕРОВСКОГО СДВИГА

Жарковский Иван Владимирович

Сибирский федеральный университет, кафедра фотоники и лазерных технологий
ИИФурЭ

Ю.И. Геллер, д.ф.-м.н., профессор

Ivan_LIG@mail.ru

В прозрачной среде эффекты пространственной дисперсии рассматриваются малыми поправками. Однако, вблизи узкой линии поглощения $\varepsilon(\omega)$ резко возрастает. Тем самым, нелокальность связи $\vec{D}(t, \vec{r})$ и $\vec{E}(t, \vec{r})$, играет существенную роль, меняя картину даже качественно. В данной работе, на основании анализа дисперсионного уравнения:

$$k^2 - \frac{\omega^2}{c^2} - \frac{4\pi i N |d|^2}{\hbar} \gamma \frac{1}{\Gamma - i(\omega - \omega_r - (\vec{k}, \vec{v}))} \frac{(\omega - (\vec{k}, \vec{v}))^2}{c^2} = 0, \quad (1)$$

исследовано проявление пространственной дисперсии, как следствия доплеровского уширения линии поглощения в газе. Решением такого

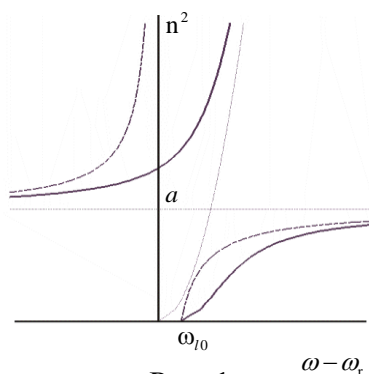


Рис. 1.

уравнения, в приближении \vec{v} коллинеарного \vec{k} и $\Gamma \ll |\omega - \omega_r| \ll \omega_r$, будет результат пересечения двух ветвей спектра: обычной световой волны с показателем преломления $n^2 = a$ и волны с $n = (\omega_r - \omega) / \omega |\beta|$, «взаимодействующих» друг с другом с силой $A' = 4\pi |d|^2 N / \hbar$. На рис. 1, сплошными линиями графически показаны зависимости $n^2(\omega)$, определяемые корнями уравнения (1); толстыми линиями — $n^2 = n^2(\omega)$

при $(\vec{k}, \vec{v}) = 0$. Видим, что верхняя сплошная кривая проникает в область $\omega > \omega_{l0}$, создав возможность распространению двух разных электромагнитных волн в среде, одновременно.

Итак, за счёт пространственной дисперсии, возникающей сугубо из-за эффекта Доплера, существует область, где вместо одной световой волны, наблюдаются две, взаимодействующие друг с другом.

1. Геллер Ю.И. Увлечение света движущимися средами с высокой частотной дисперсией / Ю.И. Геллер. – Опт. и спектр. 2006. Т. 101 №5, с. 825-839.
2. Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Электродинамика сплошных сред / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 1982. – 624 С.

О СОСУЩЕСТВОВАНИИ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ И АНТИФЕРРОМАГНЕТИЗМА В СИЛЬНО КОРРЕЛИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Злотников Антон Олегович

Сибирский федеральный университет, кафедра теоретической физики ИИФиРЭ

В.В. Вальков, д.ф.-м.н., профессор

famzlot@list.ru

В настоящее время приводится множество экспериментальных свидетельств, что в ряде соединений одновременно реализуется сверхпроводящий и дальний антиферромагнитный порядок. Группа данных материалов довольно обширна: тяжелофермионные интерметаллиды $CeRhIn_5$, Ce_2PdIn_8 , купратные высокотемпературные сверхпроводники $HgBa_2Ca_4Cu_5O_{12+\delta}$, $YBa_2Cu_3O_{6+x}$, пниктиды железа $CaFe_2As_2$, $SmFePO$. Особый интерес вызывают активно исследуемые в последнее время системы с сильными электронными корреляциями, в которых механизм сверхпроводимости остается предметом обсуждений.

В работе исследование проводилось в рамках слейв-бозонного среднеполевого приближения $t - J$ модели, которая является базовой моделью для систем с сильными электронными корреляциями. Как известно, в $t - J$ модели запрещены состояния с двумя электронами на узле, благодаря наличию сильного кулоновского отталкивания. В представлении слейв-бозонов данный запрет снимается, что приводит к возникновению вкладов нефизических состояний в характеристики системы. Для их корректного отсека необходимо удовлетворить условию констрейна. Учет констрейна методом неопределенных множителей Лагранжа перенормирует значение химического потенциала, устанавливая его на уровне половинного заполнения зоны, что адекватно отражает свойства первоначальной $t - J$ модели.

Показано, что в слейв-бозонном представлении $t - J$ модели возникает одновременное спонтанное нарушение симметрии как по отношению к формированию дальнего антиферромагнитного порядка, так и по отношению к возникновению сверхпроводимости. На основе решений интегральных уравнений согласования построены фазовые диаграммы в переменных температура фазового перехода – дырочная концентрация для чистой сверхпроводящей и антиферромагнитной фазы, а также для смешанной фазы двух типов упорядочения. Исследовано влияние перескоков во второй и третьей координационной сфере на критическую температуру.

О ПРИМЕНЕНИИ КЭЛЕРОВЫХ МНОГООБРАЗИЙ В ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Иванов Виктор Александрович

Сибирский федеральный университет, кафедра теории функций ИМ

А.М. Баранов, д.ф.-м.н., профессор

swivanov@mail.ru

В работе рассматривается возможность использования кэлеровых многообразий в общей теории относительности. Для общности подхода вводится многомерное комплексное пространство.

Пусть D – область в комплексном пространстве $\mathbb{C}^n (z^1, \dots, z^n)$. Зададим на D эрмитову метрику (чертой обозначаем комплексное сопряжение)

$$ds^2 = 2g_{i\bar{k}} dz^i d\bar{z}^k, g_{k\bar{i}} = \overline{g_{i\bar{k}}} \quad (i, k = 1, \dots, n; \bar{i}, \bar{k} = n+1, \dots, 2n). \quad (1)$$

Эрмитова метрика называется кэлеровой, если выполняются условия:

$$\frac{\partial g_{j\bar{k}}}{\partial z^i} - \frac{\partial g_{i\bar{k}}}{\partial z^j} = 0, \frac{\partial g_{j\bar{k}}}{\partial \bar{z}^i} - \frac{\partial g_{j\bar{i}}}{\partial \bar{z}^k} = 0 \quad \text{или} \quad g_{ij} = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^i \partial \bar{z}^j}. \quad (2)$$

Причем необходимо, чтобы функция Φ была вещественнозначной.

Для кэлеровой метрики связности записываются в виде:

$$\Gamma_{jk}^i = \frac{1}{2} g^{i\bar{m}} \left(\frac{\partial g_{j\bar{m}}}{\partial z^k} + \frac{\partial g_{\bar{m}k}}{\partial z^j} \right), \quad \Gamma_{\bar{j}\bar{k}}^{\bar{i}} = \frac{1}{2} g^{m\bar{i}} \left(\frac{\partial g_{\bar{m}\bar{j}}}{\partial \bar{z}^k} + \frac{\partial g_{\bar{m}\bar{k}}}{\partial \bar{z}^j} \right) = \overline{\Gamma_{jk}^i}. \quad \text{Остальные компоненты}$$

связности равны нулю в силу свойств кэлеровости метрики и самоприсоединенности. Аналогично отличны от нуля только следующие компоненты тензора кривизны: $R^i_{j\bar{k}\bar{l}}, R^i_{j\bar{l}\bar{k}}, R^{\bar{i}}_{\bar{j}k\bar{l}}, R^{\bar{i}}_{\bar{j}\bar{l}k}$.

Значения компонент тензоров кривизны и тензоров Риччи кэлерового многообразия определяются по формулам:

$$R^i_{j\bar{k}\bar{l}} = \frac{\partial \Gamma^i_{jk}}{\partial \bar{z}^l}, \quad R_{i\bar{k}} = \frac{\partial^2 \ln(\sqrt{-\det(g_{n\bar{m}})})}{\partial \bar{z}^i \partial z^k}, \quad \text{что в итоге позволяет сформулировать}$$

следующее утверждение:

Теорема. Если компоненты метрического тензора комплексного кэлерового многообразия являются голоморфными функциями, то тензор кривизны данного многообразия тождественно равен нулю, то есть многообразие является плоским.

Это означает, что при обобщении теории гравитации Эйнштейна (ОТО) на случай комплексных кэлеровых многообразий с физической точки зрения нецелесообразно использовать голоморфные функции в качестве компонент метрического тензора.

КЛАСТЕРНАЯ ТЕОРИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ ОДНОМЕРНОЙ МОДЕЛИ ХАББАРДА В БОЗОННОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ

Лобач Ксения Адриановна

Сибирский федеральный университет, кафедра теоретической физики ИИФиРЭ

С.Г. Овчинников, д.ф.-м.н., проф.

ks-ad@yandex.ru

Модель Хаббарда – это простейшая модель, с помощью которой можно исследовать системы с сильными электронными корреляциями. Гамильтониан модели

$$H = \sum_{i,\sigma} (\varepsilon - \mu) n_{i,\sigma} + \sum_{i,\sigma} U n_{i,\sigma} n_{i,-\sigma} + \sum_{i,j,\sigma} t_{i,j} (a_{i,\sigma}^+ a_{j,\sigma} + \text{э.с.}),$$

где $n_{i,\sigma} = a_{i,\sigma}^+ a_{i,\sigma}$, $a_{i,\sigma}^+$ и $a_{i,\sigma}$ – операторы рождения и уничтожения электрона на узле i с проекцией спина $\sigma = +1/2, -1/2$, ε – энергия электрона на узле, μ – химпотенциал, U – параметр кулоновского отталкивания, $t_{i,j}$ – интеграл перескока между узлами i и j .

Перейдем от одноузельного описания к кластерному. Разобьем цепочку на кластеры по 2 узла и произведем точный учет внутрикластерных взаимодействий методом полной точной диагонализации.

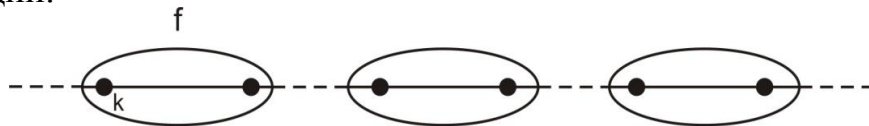


Рис. 3 Разбиение цепочки на кластеры. Внутрикластерное взаимодействие (сплошные линии), взаимодействие между кластерами (пунктирные линии)

Аналог наполовину заполненной зоны в обычном подходе ($N=1$, спин $S=1/2$) в нашем случае дается состояниями с $N=2$ ($S=0$):

$$E_{2,0} = \underbrace{2(\varepsilon - \mu)}_{\text{гомеополлярные}} + \underbrace{\frac{U}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{U^2 + 16t^2}}_{\text{гетерополлярные}}$$

$$\varphi_{2,0} = \frac{A}{\sqrt{2}} (|\uparrow, \downarrow\rangle - |\downarrow, \uparrow\rangle) + \frac{B}{\sqrt{2}} (|\uparrow \downarrow, 0\rangle + |0, \uparrow \downarrow\rangle),$$

где

$$A = (U + \sqrt{U^2 + 16t^2}) / \sqrt{(U + \sqrt{U^2 + 16t^2})^2 + 16t^2};$$

$$B = -4t / \sqrt{(U + \sqrt{U^2 + 16t^2})^2 + 16t^2};$$

На рис.2 можно увидеть, что при $U \rightarrow 0$ вклады гомеополлярных и гетерополлярных состояний одинаковы, а при $U \rightarrow \infty$ остаются только гомеополлярные состояния.

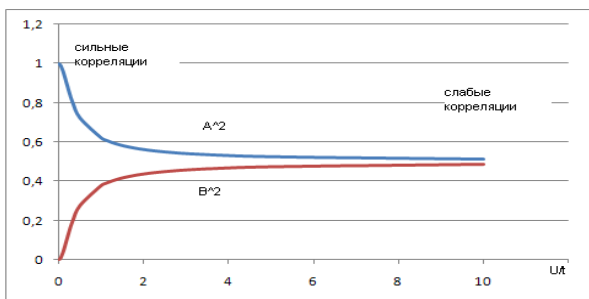


Рис.4. Зависимость коэффициентов разложения по базисным волновым функциям для $N=2$ от параметра t/U

Методом полной точной диагонализации были получены кластерные волновые функции и соответствующие собственные значения энергии. Построено полное гильбертово пространство состояний кластера.

УСТОЙЧИВОСТЬ И КРИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕЙТРОННОЙ ЗВЕЗДЫ

Меланж Софья Сергеевна

Сибирский федеральный университет, кафедра теоретической физики ИИФиРЭ

Н.Н. Паклин, к.ф.-м.н., доцент

axonix@bk.ru

В работе исследуются физические свойства модели нейтронной звезды. Модель описывается точным решением уравнений Эйнштейна для статического сферически симметричного распределения идеальной жидкости. Метрика выбрана в виде: $ds^2 = y^2 dr^2 - z^{-1} dt^2 - r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2)$.

Уравнения Эйнштейна $G_{ik} = -8\pi T_{ik}$, с тензором энергии-импульса идеальной жидкости: $T_{ik} = (\varepsilon + P)u_i u_k - P g_{ik}$, можно записать как

$$\begin{cases} 8\pi\varepsilon = (1-z)/r^2 - z'/r, \\ 8\pi P = (z-1)/r^2 - 2zy'/yr, \\ 2r^2 zy'' + (rz' - 2z)ry' + [2(1-z) + rz']y = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Найдено точное внутреннее решение уравнений (1):

$$y^2 = A(1 + Br^2)^3, \quad z = (1 + Br^2)^{-1} [1 - Br^2/2 - CBr^2/\sqrt{1 + 4Br^2}], \quad (2)$$

сшитое на границе звезды $r=R$ с внешним решением Шварцшильда: $y^2 = 1 - 2M/R$, $z = 1 - 2M/R$. Здесь $A = (1 - 7\eta/6)^3 (1 - \eta)^{-2}$, $BR^2 = \eta/(6 - 7\eta)$, $C = (6 - 3\eta)^{1/2} (6 - 7\eta)^{-1/2} [9/2 - 6\eta]$, где $\eta = 2M/R$.

Устойчивость модели связана со спектром малых адиабатических радиальных пульсаций. Критические параметры модели, т.е. граница между устойчивым и неустойчивым состояниями определяется условием $\omega_0^2 = 0$, где ω_0 – частота колебаний на основной моде. Для вычисления спектра ставится задача на собственные значения и собственные функции: $(A\xi')' + (Q + \omega^2 W)\xi = 0$. С граничными условиями: $\xi/r \rightarrow 0$ или конечно при $r \rightarrow 0$, ξ – конечно при $r \rightarrow R$. Функции A, Q, W зависят от метрических коэффициентов, распределения вещества и уравнения состояния внутри звезды. Таким образом, спектр зависит от физических свойств решения уравнений (1).

Если задать плотность энергии и давление в виде разложения, то:

$$8\pi\varepsilon = \varepsilon_0 - \varepsilon_2 r^2 + \varepsilon_4 r^4 - \dots, \quad 8\pi p = p_0 - p_2 r^2 + p_4 r^4 - \dots,$$

$$z = 1 - \frac{1}{3}\varepsilon_0 r^2 + \frac{1}{5}\varepsilon_2 r^4 - \dots, \quad y = y_0 \left(1 + \frac{p_2 x^2}{\varepsilon_0 + p_0} + \left[\frac{\varepsilon_2}{2(\varepsilon_0 + p_0)^2} - \frac{1}{(\varepsilon_0 + p_0)} \right] x^4 + \dots \right).$$

Для точных решений все коэффициенты выражаются через ε_0 и p_0 . Знание этих коэффициентов помогает исследовать решения задачи на собственные значения.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ СВЕРХМАССИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

Осипов Александр Юрьевич

Сибирский федеральный университет, кафедра теоретической физики ИИФиРЭ

А.М. Баранов, д.ф.-м. н., профессор

Ya.oayu@mail.ru

В рамках общей теории относительности строится модель сверхмассивного астрофизического объекта, обладающего внутренней структурой со слоистым распределением вещества, возникающей под действием сильного гравитационного поля.

Метрический интервал записывается в координатах Бонди:

$$ds^2 = G^2(r)dt^2 + 2L(r)dt dr - r^2(d\theta^2 + \sin^2(\theta)d\varphi^2). \quad (1)$$

Распределение плотности массы, в отличие от [1], вводится в виде многоступенчатой функции:

$$\mu(x) = \mu_0 \cdot \left(1 - b \cdot x + \frac{\sin(a \cdot x)^2}{a} \right), \quad (2)$$

где μ_0 – центральная плотность, $x = r/R$, R – радиус звезды, a , b – безразмерные параметры, регулирующие количество слоев вещества.

Система уравнений Эйнштейна в безразмерном виде выглядит как

$$\varepsilon(x) = 1 - \frac{\chi}{x} \cdot \int \mu(x) \cdot x^2 dx; \quad G'' + \left(\frac{\varepsilon'}{2 \cdot \varepsilon} - \frac{1}{x} \right) \cdot G' + \left(\frac{\varepsilon'}{2 \cdot x \cdot \varepsilon} + \frac{1 - \varepsilon}{x^2 \cdot \varepsilon} \right) \cdot G = 0; \quad (3)$$

$$p' = -\frac{1}{2 \cdot \varepsilon} \cdot \left(\chi \cdot x \cdot p + \frac{1 - \varepsilon}{x} \right) \cdot (\mu + p) \quad (4)$$

со следующими условиями сшивки: $\varepsilon(x=1) = 1 - \eta$, $G(x=1) = \sqrt{1 - \eta}$,

$G'(x=1) = \frac{\eta}{2 \cdot \sqrt{1 - \eta}}$, $p(x=1) = 0$, где $\chi = 8\pi \cdot R^2$, $\eta = 2m/R$ – компактность

звезды, m – масса звезды.

Воспользовавшись параметрическим уравнением состояния вырожденного ферми-газа в центре звезды

$$\rho_0 = (\sinh(\xi) - \xi)K/c^2, \quad p_0 = (\sinh(\xi) - 8\sinh(\xi/2) + 3\xi)K/3, \quad (5)$$

получим для выбранных значений параметров ($a = 10$, $b = 1$, $\xi = 1$) компактность равную $\eta \approx 0.16$.

1. Осипов А. Ю. Модель звезды со слоистой структурой // Материалы Четырнадцатой Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых ВНКСФ–14. Уфа: Изд-во АСФ России. 2008. С. 62.

КЛАСТЕРНАЯ ТЕОРИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИ ХАББАРДА В ФЕРМИОННОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ

Перевалов Данила Андреевич

*Сибирский федеральный университет, кафедра теоретической физики ИИФиРЭ
С.Г. Овчинников, д.ф.-м.н., профессор*

Одним из наиболее удобных способов описания электронной структуры и физических свойств систем с сильными электронными корреляциями является подход, использующий операторы Хаббарда. Для их эффективного использования необходимо первоначально привести матрицу Гамильтона к диагональному виду путем нахождения возможных энергий данной системы и соответственных волновых функций.

В данной работе представлена кластерная теория возмущений для одномерной модели Хаббарда, построенная с использованием Х-операторов.

Модель Хаббарда

$$\begin{aligned}
 H &= H_0 + H_t, \\
 H_0 &= \sum_{i\sigma} \{(\varepsilon - \mu)n_{i\sigma} + Un_{i\sigma}n_{i\bar{\sigma}}\}, \\
 H_t &= \sum_{i \neq j, \sigma} t_{ij} (a_{i\sigma}^+ a_{j\sigma} + a_{j\sigma}^+ a_{i\sigma}),
 \end{aligned}$$

где $a_{i\sigma}^+$ и $a_{i\sigma}$ - оператор рождения и уничтожения электрона со спином σ на узле i , $n_{i\sigma}$ - оператор плотности электронов со спином σ ($\bar{\sigma} = -\sigma$), ε - энергия электрона на узле, μ - химический потенциал, t_{ij} - интеграл перескока, U - параметр кулоновского взаимодействия на узле. В дальнейшем мы будем учитывать перескоки между соседями с амплитудами t и t' .

Точный учет ближнего магнитного порядка осуществляется путем разбиения всей цепочки на отдельные кластеры и решение задачи на собственные значения в отдельно взятом кластере методом точной диагонализации с учетом всех возбужденных уровней. Рассмотрены случаи различного заполнения кластера с учетом перескоков между соседями. Были получены точные кластерные собственные волновые функции и соответствующие собственные значения энергии.

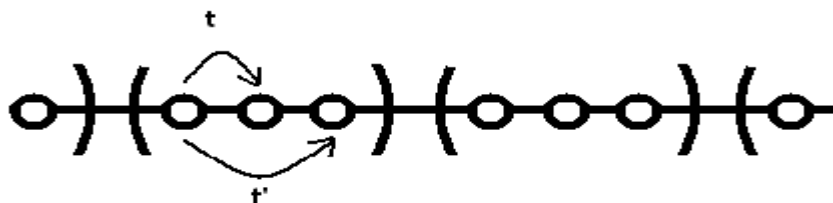


Рис.1. Разбиение решетки на кластеры. Здесь показано взаимодействие между соседями внутри кластера

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ЗВЕЗДЫ В ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Сафонов Иван Николаевич

Сибирский федеральный университет, кафедра теоретической физики ИИФиРЭ

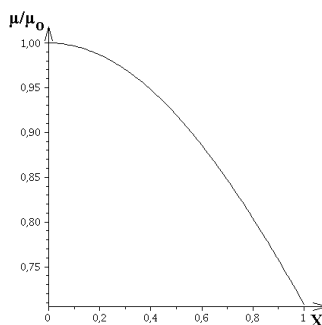
А.М. Баранов, д. ф.-м.н., профессор

Isaf21@yandex.ru

Построена модель статического симметричного тела с заданным распределением плотности вещества:

$$\mu(x) = \mu_0 \cdot \left(\frac{\sin^2(x)}{x^2} \right),$$

где μ_0 – центральная плотность, $x = r/R$, R – радиус звезды.



Метрический интервал запишем в виде:

$$ds^2 = F(r)dt^2 + 2L(r)dtdr - r^2(d\theta^2 + \sin^2(\theta)d\varphi^2),$$

где скорость света и ньютоновская гравитационная постоянная выбраны за единицу.

Введем функцию $\varepsilon(x)$, связывающую $F(x)$, $L(x)$ и $\Phi(x)$:

$$\varepsilon(x) = \frac{F}{L^2} = 1 - \Phi(x) = 1 - \frac{8\pi}{x} \int \mu(x)x^2 dx,$$

где $\Phi(x)$ - аналог ньютоновского потенциала.

Осуществляем переход к функции $G = \sqrt{F}$ и производим замену аргумента $d\zeta = \frac{xdx}{\sqrt{\varepsilon(x)}} = \frac{dy}{2\sqrt{\varepsilon(y)}}$. Система гравитационных уравнений

сводится к уравнению пространственного осциллятора с переменной “частотой”: $G''_{\zeta\zeta} + \Omega^2(\zeta(y))G = 0$. Если функцию $\varepsilon(x)$ представить в виде

ряда: $\varepsilon(x) = 1 - \frac{8}{3}\pi\mu_0 x^2 + \frac{1}{3}\pi\mu_0 x^4$, то в приближении x^2 получаем внутреннее решение Шварцшильда, а с учетом x^4 - решение с параболическим распределением плотности массы.

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КВАНТОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА КВАДРУПОЛЬНЫХ ЯДРАХ СО СПИНОМ $I=1$ МЕТОДОМ ЯМР

Шауро Виталий Павлович

Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН

В.Е. Зобов, д.ф.-м.н.

Shaurkin@hotmail.com

Одной из основных проблем связанных с ЯМР-реализацией квантовых вычислений остается разработка эффективных методов управления спиновыми системами. Необходимо не только с достаточной точностью выполнять логические операции на квантовых состояниях, но и затрачивать на это минимально возможное время, поскольку длительность ЯМР-эксперимента всегда ограничена временем релаксации (декогерентизации).

В последние годы для поиска управляющих полей в ЯМР и смежных областях широко используются численные методы оптимизации. В данной работе мы используем алгоритм GRAPE [1] для нахождения оптимального управления с целью реализации простейших квантовых логических операторов (вентилей) на трехуровневой системе (кутрите) - квадрупольном ядре со спином $I=1$. Расчет оптимальной формы управляющего поля при различных длительностях его действия позволяет оценить минимальное время, за которое можно выполнить требуемую логическую операцию. Данная оценка была выполнена для вентилей селективного поворота (СП) и квантового преобразования Фурье (КПФ). Численный анализ показал, что минимальное время для реализации вентиля СП близко к аналитическим предельным значениям из работы [2] при различных углах поворота. В случае КПФ, при прямом поиске управляющего поля для реализации данного оператора, длительность операции удалось сократить в 1.7 раза по сравнению с реализацией КПФ с помощью последовательности операторов СП [3]. При расчете управляющего поля для двухкутритного оператора SUM полученное решение имеет сложную временную зависимость.

На основе вентилей СП, КПФ и SUM могут быть построены сложные схемы, выполняющие квантовые алгоритмы. Оптимальная по ошибке и времени реализация этих операторов важна для создания эффективных квантовых схем на многокутритных системах. Результаты, полученные в работе, будут полезны при проектировании экспериментов по квантовым вычислениям на квадрупольных ядрах, а программа для поиска оптимального управления может быть легко адаптирована для расчета полей на реальных системах и имеющемся экспериментальном оборудовании.

1. N.Khaneja, T.Reiss, C.Kehlet et al, J. Magn. Res. 172 (2005).
2. В.Е. Зобов, В.П. Шауро. ЖЭТФ, том 135, вып. 1 (2009).
3. А.С. Ермилов, В.Е. Зобов, Оптика и спектроскопия, **103**, 994 (2007).

О ТРЕХСЛОЙНОЙ МОДЕЛИ ГРАВИТИРУЮЩЕГО СТАТИЧЕСКОГО ШАРА

Шейкин Антон Андреевич

Сибирский федеральный университет, кафедра теоретической физики ИИФиРЭ

А.М. Баранов, д.ф.-м.н, профессор

anton.shejkin@gmail.com

Рассматривается нахождение и исследование внутреннего статического сферически симметричного решения уравнений Эйнштейна в приближении идеальной жидкости для гравитирующего шара.

Метрика записывается в координатах Бонди как:

$$ds^2 = \varepsilon(r)L^2(r)dt^2 + 2L(r)dt dr - r^2 d\Omega^2, \quad (1)$$

где $\varepsilon(r)$, $L(r)$ – метрические коэффициенты, $d\Omega$ – элемент телесного угла.

Уравнения Эйнштейна для метрики (1) с тензором энергии-импульса

$$T_{\mu\nu} = (\mu(r) + p(r))u_\mu u_\nu - p(r)g_{\mu\nu}, \quad (2)$$

где $\mu(r)$ – плотность массы, $p(r)$ – давление, u_μ – 4-скорость (в сопутствующей системе отсчета), $g_{\mu\nu}$ – метрический тензор, сводятся к двум:

$$\varepsilon(r) = 1 - \frac{8\pi}{r} \cdot \int \mu(r) r^2 dr; \quad (3)$$

$$L''_{\zeta\zeta} + \omega^2(\zeta) \cdot L(\zeta) = 0 \quad (4)$$

где ζ – новая переменная, удовлетворяющая соотношению $d\zeta = r\varepsilon^{-3/2} dr$.

При $\omega^2(\zeta) = 0$ этому уравнению удовлетворяет хорошо известное внутреннее решение Шварцшильда, а при $\omega^2(\zeta) = a \cdot \zeta^{-2}$ – решение с $\mu(r) = \mu_0 / r^2$ и $\varepsilon(r) = C = const$, a есть постоянная.

Решением при $\omega^2(\zeta) = a \cdot \zeta^{-2}$ являются следующие функции:

$$g_{01} = r \cdot (C_1 r^b + C_2 r^{-b}), \quad g_{00} = C \cdot g_{01}^2 \quad (5)$$

с $b = \sqrt{2 - 1/C}$.

Как видно, это решение в силу сингулярного поведения функций μ , g_{00} и g_{01} в центре не может быть интерпретировано как полное внутреннее решение, а только как оболочечное. Оно, в частности, может быть использовано для построения полной трехслойной модели: однородное ядро, найденное решение (5) и однородная оболочка. Ядро будем описывать внутренним решением Шварцшильда (с плотностью массы μ_0 и радиусом R_0), а внешний слой – тем же решением, но с другой плотностью массы. Производя сшивки решения (5) на поверхностях $r=R_0$, $r=R_1$, и с внешним решением Шварцшильда на поверхности $r=R$ ($R > R_1 > R_0$), получим окончательное полное решение для гравитирующего статического шара.

ВАРИАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ И ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ПЕРЕМЕННОГО В ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ

Шляхтич Евгений Николаевич

Сибирский федеральный университет, кафедра теоретической физики ИИФиРЭ

В.П. Казанцев, к.ф.-м.н., профессор

Shlyahtich2005@yandex.ru

Для электростатики на плоскости наиболее удобным математическим аппаратом служит комплексный анализ. Совместное применение к задачам электростатики вариационных методов и комплексного анализа позволяет разработать довольно эффективные методы решения электростатических задач на плоскости.

Хорошим примером служит полученное нами точное аналитическое решение целого класса задач о проводящем круге во внешних электрических полях (в поле точечного заряда, диполя, квадруполь и любого другого мультиполя). Класс задач о проводящем эллипсе во внешних электрических полях также легко решается в комплексных переменных с использованием характеристических мультиполей (базисных распределений плотностей зарядов). Силовые и энергетические характеристики полей тоже нетрудно рассчитать.

Наиболее перспективными, на наш взгляд, приближенными методами расчета электростатических соотношений являются вариационные методы, которые позволяют получать оценки сверху и снизу, например, для матрицы емкостных коэффициентов. Отметим, что при использовании вариационных методов мы можем оценивать точность полученных результатов, которая зависит от выбора вида потенциалов аппроксимирующих полей.

Использование вариационного подхода совместно с комплексным анализом даёт возможность представить математическую задачу о нахождении корней многочленов как обратную задачу электростатики, сводящуюся к задаче об абсолютном минимуме энергетического функционала. Вариационная схема расчёта корней многочлена основана на аппроксимации электрического поля зарядов некоего проводника полями точечных мультиполей.

Обоснованные теоретически методы расчёта электрических полей могут применяться в дальнейшем при практических расчётах в радиофизике и радиоэлектронике. Существенно, что некоторые результаты представленных научных исследований представляют интерес для курсов математической физики и электродинамики.

СИСТЕМА СВЯЗАННЫХ ДЛИННЫХ ДЖОЗЕФСОНОВСКИХ ПЕРЕХОДОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Юшкова Ольга Геннадьевна

Сибирский государственный технологический университет

Ю.В. Захаров, д.ф.-м.н., профессор, И.В. Уваев, к.ф.-м.н., доцент

yushkovaolga85@mail.ru

Размерные и частотные эффекты слоистых материалов определяются свойствами их поверхностей, т.е. граничными условиями.

Джозефсоновский переход является одним из представителей слоистых систем. Разность фаз перекрывающихся волновых функций куперовских пар сверхпроводников составляющих переход связана с плотностью тока протекающего через переход стационарным эффектом Джозефсона.

В свою очередь, распределение разности фазы волновых функций куперовских пар сверхпроводников вдоль длинного джозефсоновского перехода в стационарном случае описывается уравнением типа нелинейного маятника. Поведение систем описываемых этим уравнением имеет пороговый характер, и для джозефсоновского перехода проявляется в том, что в него проникают кванты магнитного потока [1].

Практическое использование перехода связано с включением последнего в электрическую цепочку.

Проведенные исследования показали, что поведение длинного джозефсоновского перехода включенного в электрическую цепь, испытывает потерю устойчивости, а его поведение аналогично поведению изолированного перехода. Величины пороговых полей потери устойчивости одинаковы. Таким образом, поведение длинного джозефсоновского перехода инвариантно по отношению к электрическим и магнитным полям.

Так же интересно рассмотреть систему переходов, что тоже часто встречается в практике.

Рассмотрим влияние двух связанных электромагнитным полем переходов друг на друга. При малых значениях поля по сравнению с внешним наблюдается сильная степень корреляции в поведении переходов, и, наоборот, при росте поля относительно внешнего степень корреляции снижается.

1. Захаров Ю.В. Динамические доменные структуры в длинном джозефсоновском переходе / Ю.В. Захаров, И.В. Уваев // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2002. – Т. 156. – С. 1754 – 1760. (<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/156.pdf>)
2. Захаров, Ю. В. Джозефсоновский переход под действием магнитного поля / Ю. В. Захаров, И. В. Уваев // Вестник КГУ. №3. Красноярск: КГУ, 2003. С. 17-23

Секция VI. БИОФИЗИКА

(Председатель: д.ф.-м.н., профессор П.И.Белобров)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ НЕАКТИВИРОВАННОГО СУБСТРАТА ФОТОПРОТЕИНОВ ЦЕЛЕНТЕРАЗИНА

Антипина Любовь Юрьевна

Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН

С.Г. Овчинников, д.ф.м.н., профессор

antipinalyu@gmail.com

Методами квантовой химии исследованы изомерные формы целентеразина. Из сравнения геометрий, полученных экспериментально рентгеноструктурным анализом, и рассчитанных различными квантово-химическими методами, можно сделать вывод, что, в *Obelia Longissima* целентеразин находится в форме CLZ(2H), в *Renilla Muelleri* – CLZ(1H). Активация целентеразина молекулой кислорода с образованием 2-гидропероксицелентеразина возможна только для структуры CLZ(2H). Изомерная форма CLZ(2H) может образовываться только при захвате целентеразина белковым окружением. Т.к. в аминокислотном окружении обелина существование форм CLZ(1H) и CLZ(7H) геометрически не обусловлено, то при захвате белковой молекулой субстрата, целентеразин перестраивается в форму CLZ(2H).

Т.к. в аминокислотном окружении обелина существование форм CLZ(1H) и CLZ(7H) геометрически не обусловлено, то при захвате белковой молекулой субстрата, целентеразин перестраивается в форму CLZ(2H). Вероятно, этот переход происходит под действием белкового окружения, которое изгибает молекулу таким образом, что переход протона из положения N(7) или N(1) становится возможным.

ТЕРМОИНАКТИВАЦИЯ БИФЕРМЕНТНОЙ СИСТЕМЫ НАДН:ФМН-ОКСИДОРЕДУКТАЗА-ЛЮЦИФЕРАЗА В ЖЕЛАТИНЕ

Безруких Анна Евгеньевна

Сибирский федеральный университет, кафедра биофизики ИФБиТ

Е.Н. Есимбекова, к.б.н., н.с. Института биофизики СО РАН

Aebezrukih@gmail.com

Изучение механизмов инактивации необходимо для правильного выбора способа стабилизации ферментов. Одним из наиболее распространенных способов стабилизации является иммобилизация ферментов в различных средах. Желатин, как полимер белкового происхождения, способный образовывать гель, может использоваться в качестве носителя для иммобилизации. Цель данной работы – исследовать процесс термоинактивации биферментной системы NADH:FMN-оксидоредуктаза-люцифераза в растворе желатина.

Термоинактивацию биферментной системы изучали, инкубируя ферменты в течение 0,5-30 минут при разных температурах из интервала 10-50°C в 0,5% и 1% растворах желатина и его отсутствие.

Было показано, что при $T=28-38^{\circ}\text{C}$ наблюдается термоинактивация второго порядка, включающая в себя два различных механизма инактивации биферментной системы, последовательно сменяющие друг друга и протекающие с разными скоростями. Можно предположить, что первым механизмом является диссоциация гетеродимера люциферазы на субъединицы, а вторым механизмом – необратимая денатурация люциферазы и (или) NADH:FMN-оксидоредуктазы. При $T=40-48^{\circ}\text{C}$ наблюдается быстрая инактивация первого порядка. При $T < T_g$ (температуры гелеобразования желатина), $T=10-23^{\circ}\text{C}$, в присутствии 0,5% желатина и его отсутствие наблюдается медленная инактивация биферментной системы по первому порядку, предположительно связанная с процессом диссоциации люциферазы на мономеры. В то же время в присутствии 1% желатина при $T < T_g$ происходит значительная активация биферментной системы.

Все этапы термоинактивации биферментной системы при всех исследованных температурах в присутствии желатина происходят с большими скоростями, чем в отсутствие желатина. Исключение составляет 1% желатин при $T < T_g$, где наблюдается активация.

Таким образом, кинетика термоинактивации биферментной системы NADH:FMN-оксидоредуктаза-люцифераза в желатине низкой концентрации (не достаточной для образования геля) и в желатине высокой концентрации (достаточной для образования геля) различаются. Термоинактивация биферментной системы имеет нелинейный характер и, предположительно, протекает по диссоциативному механизму. При этом желатин, находящийся в жидкой фазе, ускоряет процесс инактивации, а гелеобразный желатин, напротив, способствует активации биферментной системы.

ТРОФОМЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗОО- И ФИТОПЛАНКТОНА В ПРОТОЧНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ СИСТЕМЕ

Бородина Ирина Михайловна

Сибирский федеральный университет, кафедра биофизики ИФБиБТ

А.П. Толмеев, к.б.н.

Irenik@mail.ru

В двух лабораторных экспериментах исследовали влияние доминирующего вида зоопланктона озера Шира *Arctodiaptomus salinus* (*Calanoida*, *Copepoda*) на *Chlorella vulgaris* (лабораторную водоросль) и естественный фитопланктон озера Шира с помощью модифицированного проточного метода. Концентрацию и видовой состав фитопланктона измеряли с помощью системы автоматической регистрации FlowCam и метода подсчета клеток в камере Горяева. Цель экспериментов заключалась в оценки прямого (хищничество) и метаболитного влияния рачков на численность и размерный состав микроводорослей. Показано, что в опытах с *Chlorella vulgaris* скорость выедания клеток зоопланктоном превышала их рост за счет метаболитной стимуляции. Повышение температуры и концентрации корма приводили к увеличению удельного суточного рациона рачков с 0.004 до 3.1 1/сут. В опытах на естественном фитопланктоне различия в общей численности всех видов водорослей между контролем и опытом были недостоверны. Однако было зарегистрировано достоверное увеличение некоторых размерных групп в опыте по сравнению с контролем (в колониях 1-9, 13, 27, 31, 37, 41 мкм). При этом зоопланктон активно питался, рос и выделял неперевавленную органику. Таким образом, метаболитное влияние *Arctodiaptomus salinus* увеличивает скорость роста водорослей, что приводит к большему восполнению популяции и превышает потери связанные с выеданием. Существенное увеличение численности малых размерных групп водорослей в эксперименте в присутствии рачков также может быть связано с физическим разрушением колоний. Однако достоверного снижения численности крупных колоний в присутствии рачков также не обнаружено. Стимуляция роста водорослей зоопланктоном (за счет выделения метаболитов, либо физическое разрушение колоний) на наш взгляд может иметь сигнальный характер. Т.е. клетки начинают делиться сразу, как только распознают присутствие рачков. В присутствии зоопланктона водоросли всегда будут обеспечены биогенными элементами, поэтому они могут уйти от необходимости накопления, экономии биогенов и могут использовать их для роста.

КИНЕТИКА БАКТЕРИАЛЬНОЙ БИФЕРМЕНТНОЙ БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ СИСТЕМЫ В ВЯЗКИХ СРЕДАХ

Бука Нина Сергеевна

Сибирский федеральный университет, кафедра биофизики ИФБиТ

И.Е. Суковатая, к.б.н., доцент

bukanina@list.ru

Структурно-динамическая организация белков является одной из фундаментальных проблем современной биофизики и биохимии. Одним из перспективных подходов для направленного изменения свойств и структуры белка является 'дизайн среды', который предполагает многообразие методов в использовании неводных реакционных сред. Данный подход в последнее время получил широкое распространение, поскольку помимо практического применения в биотехнологии и медицине, позволяет моделировать многие биохимические процессы и получить информацию о ферментах зачастую недоступную в рамках традиционной «водной» энзимологии. Для понимания процессов поведения ферментативной люминесцентной системы светящихся бактерий в условиях близких к *in vivo* было изучено функционирование биферментной системы *NADH:FMN*-оксидоредуктаза-люцифераза в условиях различной вязкости при варьировании значения pH реакционной среды (5,8 - 7,8). Существенно изменять вязкость реакционной среды позволяет подбор соответствующих реакционных сред, отличающихся концентрациями органических растворителей: сахарозы и глицерина.

Показано, что интенсивность свечения, которая характеризует скорость биолюминесценции, линейно уменьшается с увеличением вязкости реакционной среды при всех значениях pH, причем зависимости интенсивности биолюминесценции от концентрации как сахарозы, так и глицерина практически совпадают. Таким образом, вязкость реакционной среды для биолюминесцентной биферментной бактериальной реакции является важным физико-химическим фактором оказывающим влияние на изменение интенсивности свечения и не зависит от природы растворителя.

Увеличение вязкости реакционной среды биферментной биолюминесцентной реакции путем введения глицерина приводит к увеличению испускания числа квантов, тогда как введение сахарозы не изменяет существенно квантовый выход биолюминесценции.

Работа поддержана грантом РФФИ № 07-04-01340-а, грантом Министерства образования и науки РФ № 2.2.2.2/5309) и грантом U.S. Civilian Research and Development Foundation for the Independent States of the Former Soviet Union (grant RUX0-002-KR-06/BP4M02).

ПРИРОДНЫЕ ПОЛИСАХАРИДЫ КАК АГЕНТЫ, ДОСТАВЛЯЮЩИЕ НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ В КЛЕТКУ

Замай Галина Сергеевна

Сибирский федеральный университет, кафедра биофизики ИФБиТ

Т.Н. Замай, к.б.н, доцент

zamayonka@mail.ru

Широко применяемые в настоящее время способы доставки в клетки нуклеиновых кислот имеют низкую специфичность и малую эффективность. Таким образом, поиск новых средств доставки нуклеотидов в клетки является актуальным. Целью работы стала разработка эффективного способа, позволяющего осуществлять введение в нормальные и опухолевые клетки человека и животных нуклеиновые кислоты без повреждения их клеточных мембран.

Эксперименты выполнены на белых мышах-самцах ICR массой 27-35 г. Объектом исследования служили асцитные клетки карциномы Эрлиха, изолированные на 9-ые сутки после их внутрибрюшинной трансплантации. В исследовании были использованы культуры клеток человека – фибробласты, лимфоциты, эритроциты и клетки кумулуса. Подсчет клеток осуществлялся в камере Горяева. Для выделения клеток фибробласты, выращенные на подложке, клетки кумулуса инкубировались при 37°C в течение 25 мин в растворе трипсина с коллагеназой, после чего осаждались центрифугированием и отмывались средой Хенкса. После этого клетки инкубировались с натуральными полисахаридами и олигонуклеотидами с флуоресцентной меткой. Флуоресценцию исследуемых клеток определяли на спектрофлуориметре Aminco Bowman Series 2, Thermo Spectronic (USA) при длине волны возбуждения 650 нм и длине волны испускания 665 нм в течение 15-45 сек.

В результате экспериментальной проверки установлено, что полисахариды обладают способностью входить в клетки. Механизм трансфекции олигонуклеотидов внутрь клетки, по-видимому, связан с входом самого полисахарида, поскольку наши исследования выявили его накопление в клетке, в том числе, и ядре. Можно предположить, что трансфекция олигонуклеотидов связана с наличием на клеточной мембране асиалогликопротеинового рецептора.

На основании полученных результатов можно заключить, что, природные полисахариды нетоксичны, не повреждают клеточную мембрану, обладают иммуномодулирующим действием, способны осуществлять трансфекцию олигонуклеотидов в клетку; механизм трансфекции олигонуклеотидов в клетку с помощью природных полисахаридов обусловлен присутствием на поверхности клеточной мембраны асиалогликопротеиновых рецепторов, которые способствуют вводу нуклеотидов в клетку путем эндоцитоза.

ВЛИЯНИЕ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С БЕЛКАМИ ГАЛОИД-ПРОИЗВОДНЫХ АНТРАЦЕНА

Кудряшева Галина Александровна

Сибирский федеральный университет, кафедра биофизики ИФБиБТ

Е.В. Немцева, к.ф.-м.н., доцент

gusya@nm.ru

Галогенированные соединения – это, с одной стороны, необходимые составляющие живых организмов, а с другой, многие из них - сильнодействующие токсиканты [1]. Поэтому исследование биологического эффекта галоидсодержащих веществ является актуальной задачей. Данная работа посвящена выявлению зависимости степени воздействия галогенированных соединений на биохимические процессы от массы галоида в их составе.

Цель работы состояла в изучении эффекта ряда гомологичных соединений с увеличивающейся массой галоидного заместителя (антрацен, 9-хлороантрацен, 9-бromoантрацен, 9-йодоантрацен) на ферментативные процессы на примере биолюминесцентной реакции бактерий.

Были зарегистрированы спектр, кинетика, максимальная интенсивность биолюминесценции биферментной системы NAD(P)H: FMN-оксидоредуктаза-бактериальная люцифераза в присутствии разных концентраций антраценов. Установлено, что эффективная концентрация воздействия красителей (при которой максимальная интенсивность уменьшается на 50%) увеличивается с ростом массы галоидного заместителя. Для оценки воздействия галогенированных антраценов на ферменты было исследовано их взаимодействие с модельными белками – сывороточным альбумином быка (БСА) и амилазой. Были измерены спектры возбуждения и испускания, а также анизотропия люминесценции антраценов в присутствии и отсутствии белков. Константу диссоциации комплексов белок-краситель рассчитывали, используя изменения анизотропии флуоресценции антраценов при связывании с белком [2]. Получено, что закономерности взаимодействия антраценов с двумя использованными белками различаются. Сделано предположение, что связывание антраценов с БСА обусловлено гидрофобными взаимодействиями, а с амилазой, - электростатическими.

Таким образом, установлено, что с ростом массы галоидного заместителя усиливается ингибирующее действие галогенированных антраценов на биолюминесцентную реакцию, что, возможно, объясняется усилением взаимодействия антраценов с белками, приводящим к инаktivации ферментов.

1. Williams PL, James RC, Roberts SM (eds) *Principles of Toxicology*, 2-nd Ed, John Wiley & Sons, 2003.
2. Lakowicz J. R. *Principles of Fluorescence Spectroscopy*, Springer, New York, 2006.

РАДОН В ВОДЕ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Кухтарь Ольга Владимировна

Сибирский федеральный университет, кафедра биофизики ИФБиТ

И.В. Тарасов, к.т.н.

olga.kuhtar@mail.ru

На территории Красноярского края проблема содержания ^{222}Rn в подземных водах является очень актуальной, так как здесь залегают породы с повышенными концентрациями урана. Наличие глубинных геологических разломов, развитие трещинной тектоники в подземном строении, являются благоприятными условиями для формирования подземных радиоактивных вод.

В данной работе для мониторинга содержания ^{222}Rn в воде был использован измерительный комплекс «Камера-01». Метод измерения основан на сорбции ^{222}Rn на активированном угле. Активность ^{222}Rn в угле определяется по бета-излучению короткоживущих дочерних продуктов распада, а именно ^{214}Pb и ^{214}Bi . Измерительный комплекс «Камера-01» включен в Государственный реестр средств измерений ионизирующих излучений.

По результатам совместной работы с сотрудниками ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае» 2009-2010 гг. выявлены районы с повышенным содержанием ^{222}Rn в воде подземных источников. Средняя концентрация ^{222}Rn в воде артезианских скважин п. Еруда Североенисейского района составила 301 Бк/л, что более чем в 5 раз превышает предельно допустимое значение. Высокие активности ^{222}Rn также зарегистрированы и в природном парке Ергаки Ермаковского района, где концентрация составила 56 Бк/л. В Шарыповском районе и некоторых других населённых пунктах Красноярского края средние концентрации ^{222}Rn в воде находятся в диапазоне от 2,3 Бк/л до 36 Бк/л. В Красноярске было обследовано 12 источников подземных вод, расположенных в различных районах города. По результатам измерений установлено, что максимальная концентрация ^{222}Rn составила 108 Бк/л, минимальная 1,6 Бк/л при среднем значении 29 Бк/л.

Ранее установлено, что Красноярский край характеризуется повышенной радоноопасностью. В связи с этим можно предположить, что на территории края находятся подземные воды с повышенным содержанием ^{222}Rn . Вместе с тем следует отметить, что на сегодняшний день этот вопрос недостаточно изучен. Таким образом, данная работа является актуальной для нашего региона и представляет интерес для дальнейших исследований.

ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ И ЛИМФОЦИТОВ ПРИ СВЕТЛО- КЛЕТОЧНОМ РАКЕ ПОЧКИ

Лоншакова Виктория Ивановна

Сибирский федеральный университет, кафедра биофизики ИФБиБТ

Т.Н. Замай, к.б.н., доцент

viktoriya777-7@mail.ru

Механизм возникновения и развития злокачественного роста связан с нарушением структуры и свойств биологических мембран. Эти нарушения затрагивают регуляторные системы, которые определяются физико-химическими свойствами биологических мембран. Одним из наиболее важных интегральных показателей, играющих ключевую роль в регуляции процессов, происходящих в мембране, является ее текучесть.

Цель работы – исследование физико-химических показателей мембран эритроцитов и лимфоцитов больных светло-клеточным раком почки и в динамике послеоперационного лечения.

В работе изучены мембраны клеток крови 17 больных раком почки; 32 человека, перенесших резекцию почки и 38 человек без онкопатологии. Обследуемые были разделены на 5 групп. 1-ая группа – здоровые люди, 2-ая группа – до оперативного лечения; 3-я группа – через сутки после операции, 4-ая группа – через 3-е суток после операции, 5-ая группа – через 7 суток после операции. Микровязкость мембран оценивали с помощью флуоресцентного зонда пирена (8 мкмоль) на спектрофлуориметре Aminco Bowman Series 2, Thermo Spectronic (USA). Для оценки структурного состояния мембран определяли микровязкость липидного бислоя [Fэ/Fм] и микровязкость зон белок-липидных контактов при длинах волн возбуждения 334 и 286 нм, соответственно.

Результаты показали, что микровязкость мембран лимфоцитов и эритроцитов в липидном бислое у онкобольных не отличалась от микровязкости мембран клеток крови здоровых людей. В зоне аннулярных липидов коэффициент эксимеризации [Fэ/Fм] эритроцитов у онкобольных снизился с $2,8 \pm 0,2$ до $2,1 \pm 0,1$, а у лимфоцитов с $0,291 \pm 0,07$ до $0,127 \pm 0,03$.

В процессе оперативного лечения микровязкость мембран клеток крови восстанавливалась практически до исходного значения. И уже концу первой недели коэффициент эксимеризации составлял для лимфоцитов $0,191 \pm 0,09$, а для эритроцитов – $2,673 \pm 0,17$.

Полученные данные свидетельствуют об увеличении микровязкости мембран клеток крови у онкобольных и их восстановлении в послеоперационный период. Следовательно, величина коэффициента эксимеризации мембран клеток крови может быть использована в качестве показателя, характеризующего стадию онкологического процесса.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЕЙКОЦИТОВ МЫШЕЙ С АСЦИТНОЙ КАРЦИНОМОЙ ЭРЛИХА В ПРИСУТСТВИИ ГИДРОКСИАПАТИТ-КОЛЛАГЕНОВОГО КОМПЛЕКСА

Пасечникова Юлия Юрьевна

Сибирский федеральный университет, кафедра биофизики ИФБиБТ

И.И. Моргулис, к.б.н., с.н.с.

jul707@bk.ru

Использование современных технологий в трансплантологии и имплантологии привело к внедрению новых синтетических материалов для заместительной терапии при различных дефектах ткани. Одним из таких материалов является гидроксиапатит-коллагеновый комплекс (ГАК), компоненты которого имеют высокую степень структурной интегрированности, а кристаллы апатита нанометрических размеров, что обеспечивает преимущественный клинический эффект – время регенерации исчисляется неделями. Несмотря на внедрение ГАК в целях регенерации тканей в ортопедии, стоматологии, нейрохирургии, оториноларингологии, торакальной и кардиохирургии, его влияние на организм до конца не изучено.

Работа проделана с целью исследования функциональной активности лейкоцитов мышей с асцитной карциномой Эрлиха (АКЭ) в присутствии гидроксиапатит-коллагенового комплекса.

В работе использовали белых беспородных мышей массой 20г. Мыши из первой группы воздействиям не подвергались. Животным второй группы перевивали АКЭ. Животным третьей группы перевивали АКЭ, предварительно инкубированную в течение 40 минут при температуре 37°C с ГАК. После девяти дней у мышей брали кровь для подсчета лейкоцитарной формулы, определения фагоцитарной активности. Оценивали уровень продукции активных форм кислорода клеток крови и костного мозга.

В ходе проделанной работы, увидели, что измеряемые показатели претерпели типичные для развития опухолевого процесса изменения: в опытных группах животные страдают от нейтрофилии, лимфопении, фагоцитарная активность в результате введения ГАК, не изменилась, а количество выделяемых клетками активных форм кислорода (АФК), по сравнению с контрольными значениями заметно снизилось. Повышение интенсивности хемилюминесцентной реакции крови у мышей, может быть связано с увеличением в периферическом русле числа нейтрофилов и выхода их из костного мозга (что также объясняет и другой эффект – снижение «свечения» в этом типе ткани»). Разница значений интенсивности спонтанной и активированной хемилюминесценцией в костном мозге животных-опухоленосителей, возможно, связана с выходом нейтрофилов в периферическую кровь и созреванием клеток гранулоцитарного ростка гемопоэза.

ВЛИЯНИЕ ГЛИЦЕРИНА И САХАРОЗЫ НА СТАБИЛЬНОСТЬ СОПРЯЖЕННОЙ ФЕРМЕНТНОЙ СИСТЕМЫ NAD(P)H:FMN-ОКСИДОРЕДУКТАЗА-ЛЮЦИФЕРАЗА

Сутормин Олег Сергеевич

Сибирский федеральный университет, кафедра биофизики ИФБиБТ

И.Е. Суковатая к.б.н., доцент

sutormin.oleg@yandex.ru

Большинство биологических процессов изучается *in vitro*, однако данный подход не дает полной картины того, как изучаемые процессы проходят *in vivo*, из-за различий, например, в pH, вязкости среды, окружения молекул, температуры и др. Одним из подходов для решения фундаментальной проблемы структурно-динамической организации белковых макромолекул является дизайн среды”, который предполагает многообразие методов в использовании неводных реакционных сред: мицелл, полимерных матриц, водно-органических растворов, а также эффекторов различной природы. Известно, что многие ферменты в клетках работают в виде структурно и кинетически единых комплексов, в которых происходит цепь последовательных процессов, когда продукт первого фермента является субстратом для второго фермента и т.д. С этой точки зрения гораздо важнее исследовать функционирование не отдельно взятого фермента, а цепей сопряженных ферментативных реакций., кроме того обладает большей чувствительностью, чем моноферментная, и в настоящее время широко используются для мониторинга окружающей среды, контроля чистоты воздуха, качества природных и сточных вод, в медицине и гигиене, в сельском хозяйстве, пищевой промышленности и других областях. Отличительной особенностью сопряженной ферментной системы NAD(P)H:FMN-оксидоредуктаза-люцифераза является возможность регистрации кванта света, который может быть способом оценки при использовании биферментной биолюминесцентной системы в различных аналитических методах.

Полученные результаты показали, что максимальное свечение биферментной биолюминесцентной системы наблюдается при температуре 25°C, вместе с этим энергия активации максимальна при добавлении сахарозы, следовательно сахароза эффективнее глицерина защищает фермент от термоинактивации. Полностью инактивируется фермент при температуре 45°C. Добавление глицерина приводит к увеличению константы спада в отличие от сахарозы. Добавление сахарозы приводит к увеличению Q реакции по сравнению с глицерином, где Q уменьшается.

Работа поддержана грантом РФФИ № 07-04-01340-а, грантом Министерства образования и науки РФ № 2.2.2.2/5309.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОБЩУЮ И ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ ТОКСИЧНОСТЬ РАСТВОРОВ ОКИСЛИТЕЛЯ

Тарасова Анна Сергеевна

Сибирский федеральный университет, кафедра физической и неорганической химии ИЦМиМ

Н.С. Кудряшева, д.ф.-м.н., профессор

as421@yandex.ru

Наблюдается повышенный интерес к гуминовым веществам - продуктам разложения органической массы в почве, как к возможному способу снижения токсичности поллютантов. В мировой практике накапливается все больше данных о способности гуминовых веществ снижать негативное влияние токсичных соединений.

Работа связана с изучением влияния гуминовых веществ (ГВ) на токсичность растворов модельного неорганического окислителя – феррицианида калия ($K_3[Fe(CN)_6]$). Это соединение устойчиво в водных растворах, в отличие от некомплексных солей железа (III), и характеризуется одноэлектронным переходом Fe^{3+} / Fe^{2+} .

В качестве тестовой системы использовали биоллюминесцентную систему НАДН:ФМН-оксидоредуктаза-люцифераза, включающую ферменты, выделенные из морских бактерий. Эта система характеризуется специфичностью к группе окислителей: в присутствии окислителей кинетика биоллюминесценции характеризуется появлением и ростом периода задержки свечения, количественно зависящем от концентрации и физико-химических характеристик окислителя [1].

Были рассчитаны коэффициенты общей и окислительной токсичности растворов феррицианида калия. Показано, что гуминовые вещества способны как снижать, так и увеличивать общую и окислительную токсичность растворов. Были выявлены условия для снижения токсичности: предварительное инкубирование феррицианида с гуминовыми веществами и низкие концентрации гуминовых веществ. Проанализированы скорости окислительно-восстановительных реакций в присутствии и отсутствии гуминовых веществ. Увеличение скорости автоокисления НАДН гуминовыми веществами приводило к увеличению токсичности. За детоксикацию ответственны два процесса: (1) связывание феррицианида гуминовыми веществами, (2) ускорение эндогенных НАДН-зависимых реакций окислительно-восстановительных реакций в биоллюминесцентной тестовой системе.

1. Kudryasheva, N. Bioluminescent assays: effects of quinones and phenols / N. Kudryasheva, E. Vetrova, A. Kuznetsov, V. Kratasyuk, D. Stom // J.Ecototoxicology and Environmental Safety. – 2002 - Vol. 53. – Pp. 221-225.

**Секция VII. ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ
ФИЗИКА**

(Председатель: к.ф.-м.н., зав.лаб. кристаллофизики ИФ СО РАН А.И. Зайцев)
**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ
ДЕФОРМАЦИЕЙ ГРАФЕНОВЫХ СЛОЕВ И МИГРАЦИЕЙ
ВАКАНСИЙ**

Ананьева Юлия Евгеньевна

*Сибирский федеральный университет, кафедра физической и неорганической
химии ИЦМиМ*

*А.А. Кузубов, к.ф.-м.н., доцент
zayka_net@posem.net*

Производство графена – трудоемкий процесс. Образующие структуры обладают дефектами, оказывающими влияние на свойства материала. Для уменьшения концентрации дефектов либо их локализации предлагается рассмотрение приложения внешнего давления к структуре.

Вычисления выполнялись в рамках формализма функционала локальной плотности (DFT) с использованием пакета VASP (Vienna Ab initio Simulation Package) [1].

Суперячейка имела размерность 4×3 прямоугольных ячейки графена, что соответствовало $12.272 \times 12.754 \text{ \AA}$. Для нахождения переходного состояния и потенциальных барьеров при перескоке вакансии в графене был применен метод упругой ленты (nudged elastic band).

Для выявления влияния внешнего давления на движение дефектов в графеновом слое проводились расчеты с изменением векторов трансляции ячейки вдоль какого-либо из направлений. Рассматривались структуры с уменьшенными и увеличенными векторами трансляции вдоль каждого из направлений. Было обнаружено, что энергия дефекта у структур без деформации составляет $7,914 \text{ eV}$, у структур с деформацией энергия дефекта меньше ($6,213\text{-}7,829 \text{ eV}$). Моделировались случаи приложения давления как параллельно пути движения вакансии так и перпендикулярно ему, также рассматривалась сдвиговая деформация на 2 и 4 градуса.. Энергетический барьер в случае недеформированного графена составлял $1,069 \text{ eV}$. При приложении внешнего давления в направлении параллельном направлению миграции энергия барьера уменьшается ($0,063 \text{ eV}$). В случае, когда давление приложено в перпендикулярном направлении наблюдается обратная ситуация, энергия барьера составляет $1,877 \text{ eV}$.

Попытка отжига дефектной структуры может привести к ее разрушению либо хаотичному блужданию дефекта. Деформация оказывает влияние на миграцию дефектов структуре графена. При этом должна наблюдаться миграция вакансий в область локальной деформации. На основании проведенных расчетов возможно создание метода, позволяющего локализовать дефекты в структуре графена не прибегая к отжигу.

1. Kresse. G. Ab initio molecular dynamics for open-shell transition metals/ G . Kresse // Phys. Rev.- 1993.-Vol. 48.- P.13115.
2. Kresse. G. Ab initio molecular dynamics for liquid metals/ G. Kresse // Phys. Rev. -1993.- Vol. 47.-P. 55

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НАНОАЛМАЗОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ КОМПОЗИЦИОННЫХ АЛМАЗСОДЕРЖАЩИХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С НИКЕЛЕВОЙ МАТРИЦЕЙ

Ани Инна Александровна, Мордвинова Лариса Егоровна
Сибирский федеральный университет, кафедра наночастиц и нанотехнологий ИИФирЭ

Г.А. Чиганова, д.т.н.

mellody86@yandex.ru

Известно, что добавление наночастиц в электролит для получения композиционных металламмазных покрытий приводит к уменьшению размеров зерен.

В ходе экспериментов были получены покрытия: никелевые, композиционные гальванические покрытия (КГП), содержащие наночастицы, и КГП с модифицированными по разработанной ранее методике наночастицами (модификатор – хлорид никеля). Для определения размеров зерен были обработаны микрофотографии покрытий, полученные с помощью РЭМ ТМ-1000 фирмы HITACHI. На основании данных о размерах зерен покрытий определены среднечисленные значения эквивалентных радиусов зерен, представленные в таблице, и построены интегральные и дифференциальные кривые распределения зерен по размерам (рисунок).

Таблица – Результаты расчетов среднечисленных значений эквивалентных радиусов зерен образцов покрытий

Образцы покрытий	Никелевое покрытие	КГП с НА	КГП с модифицированными НА
Среднечисленный радиус зерен, мкм	0,8261	0,7358	0,6556

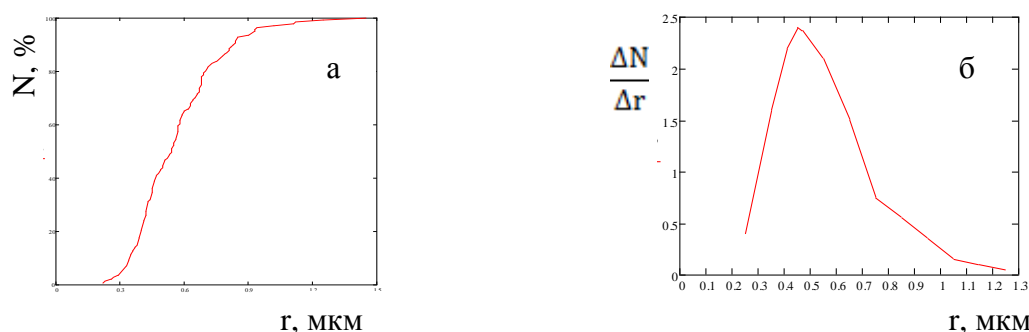


Рис.1. Интегральная (а) и дифференциальная (б) кривые распределения зерен КГП с наночастицами по размерам

Таким образом, можно сделать вывод, что модифицирование поверхности наночастиц приводит к дополнительному уменьшению размеров зерна получаемых покрытий.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С НАНОДОБАВКАМИ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Басов Сергей Александрович

Сибирский федеральный университет, кафедра «Нанофазные материалы и нанотехнологии» ИИФиРЭ

В.Е. Редькин, к.т.н., профессор

Basov_777@mail.ru

В работе рассматриваются методы повышения качества лакокрасочных материалов (ЛКМ) для автомобильной промышленности. Хорошее ЛКП является наиболее универсальным, доступным и эффективным способом защиты металлов кузова и деталей от коррозии, преждевременного разрушения, создают привлекательный внешний вид автомобиля. Существуют несколько направлений повышения качества ЛКМ: применение дорогих компонентов (наполнителей), усложнение технологии получения материалов. Перспективным является создание ЛКМ, модифицированных наночастицами.

В работе в качестве наночастиц мы использовали 4 типа нанопорошков: оксид алюминия Al_2O_3 , «Таунит», ультрадисперсный алмазный порошок (УДП-А) и ультрадисперсный алмазо-графитовый порошок (УДП-АГ), содержащий в массовых процентах 35 – наноалмазов, 55 – 60 – неалмазных форм углерода, 1,5 – влаги и 5 – 10 металлосодержащих примесей. Оксид алюминия имеет площадь удельной поверхности $S_{уд}=96 \text{ м}^2/\text{г}$, «Таунит» $S_{уд}=120 \text{ м}^2/\text{г}$, насыпную плотность 0,4-0,5 $\text{г}/\text{см}^3$, УДП-А $S_{уд}=250-350 \text{ м}^2/\text{г}$, плотность кристаллической фазы 3,515 $\text{г}/\text{см}^3$, УДП-АГ $S_{уд}=200-600 \text{ м}^2/\text{г}$. Были получены графики распределения массовой доли, количества, площади поверхности частиц и поглощения света частицами суспензии наночастиц по размерам с помощью установки исследования наноструктур и дисковой центрифуги CPS DC24000. Наблюдались следующие средние размеры: Al_2O_3 от 12 нм, Таунит от 12,8 нм, НА от 12,6 нм. Эти порошки использовались в качестве добавок в ЛКП.

На основании проведенного анализа был принят следующий способ – порошки вводились в последний слой лака, предварительно продиспергировав на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-2. На следующем этапе были проанализированы методы испытания ЛКП, самым оптимальным оказалось испытание на абразивное истирание, были изготовлены образцы покрытий и специальный аппарат, определяющий прочность покрытия к истиранию падающим кварцевым песком.

Выводы: были изучены характеристики порошков, предложена технология получения ЛКМ, изготовлены лак и образцы заготовок, разработана конструкция установки для испытания.

МИКРОСКОПИЯ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ МАТРИЦЫ ЭПОКСИДНОГО ПОЛИМЕРА

Бурова Ольга Владимировна ^{a,b}, Наумкин Н.С. ^{a,b}, Шестаков Н.П. ^{a,b,1},
Иваненко А.А. ^{a,b}, Шестаков А.Б. ^{a,b}

^a *Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН*

^b *Сибирский федеральный университет*

¹ nico@iph.krasn.ru

Идеальные химически сшитые полимеры не плавятся [1]. Реальные образцы эпоксидного полимера всегда содержат некоторое количество химически не связанных молекул, которые при нагревании испытывают фазовый переход похожий на плавление.

В результате притяжения Ван-дер-Ваальса излишняя жидкость собирается в капли в объеме полимера и частично выходит на поверхность. Этот процесс является аналогом процесса расслоения вещества на фракции, имеющие различную плотность и химическое строение. Размеры капель зависят от концентрации излишнего компонента. Их наблюдение возможно в оптическом и электронном микроскопах.

При прогреве полимера выше температуры стеклования на поверхности открываются поры, через которые выливается недоотвержденная фаза.

Число пор и их размер заметно возрастают в результате нагревания образцов до температуры, превышающей температуру стеклования.

Химически не связанные молекулы излишних компонентов являются дефектами молекулярной структуры матрицы эпоксидного полимера. В тех местах полимерной матрицы, где находились молекулы излишних компонентов, имеются нарушения эпоксидной сетки, которая служит силовым каркасом полимера. Температурная стойкость полимерной матрицы определяется температурой размягчения свободных молекул на границах молекулярных блоков.

Показано что, блочная молекулярная структура, концентрация и тип дефектов эпоксидной матрицы определяют физико-механические и температурные свойства эпоксидной матрицы полимера.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований дефектов структуры эпоксидного полимера.

Измерения выполнены методами оптической и электронной микроскопии на приборах Центра коллективного пользования КНЦ СО РАН: Электронный микроскоп ТМ-1000 и оптический микроскоп Nipregion-2000.

1. Рамбиди, Н. Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий, учеб. / М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 456 с.

ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СТЕКОЛ СОСТАВА $\text{SrO} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$.

Королева Надежда Сергеевна

*Сибирский федеральный университет, кафедра физики конденсированного
состояния вещества ИИФиРЭ*

А.И. Зайцев, к.ф.-м.н

Koroleva555.88@mail.ru

Стекло SBO было приготовлено из монокристалла SrB_4O_7 хорошего качества, без видимых включений и дефектов. Стекло варили в стеклоглеродном тигле в атмосфере азота, в печи сопротивления при температуре 1050°C в течение 4 часов. Стеклование проводили на воздухе, с последующим отжигом для снятия напряжений при 450°C в течение 14-16 часов. Отжиг стекла SBO проводили при температуре 680°C в течение 16 часов. На поверхности стекла образовались фазы, отличающиеся по морфологии и оптическим свойствам:

1)Ромбические кристаллы. Пластинчатые кристаллы с четкой огранкой, оптически однородные, обладающие наименьшими размерами среди исследуемых фаз, являются ромбической фазой SrB_4O_7 [1].

2)Тригональные кристаллы – прозрачные кристаллы высокого качества, с четкой огранкой. Установлено, что тригональные кристаллы относятся к классу симметрии 3 и соответствует химической формуле $\text{Sr}_3\text{B}_{12}\text{O}_{21}$.

3)Кристаллы состава $\text{Sr}_4\text{B}_{14}\text{O}_{25}$. Пластинчатые кристаллы, оптически неоднородные – «перистые», с ярко выраженным разделением на сектора относятся к кристаллам состава $\text{Sr}_4\text{B}_{14}\text{O}_{25}$ [1].

4)Сферолиты – поликристаллические сростки очень мелких кристаллов (< 1 мкм), растущие из общего центра, имеющие форму шара.

1. Явецкий Р.П., Вовк Е.А., Пархоменко и др. Получение поверхностно-закристаллизованных оптических ситаллов $\text{SrO} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$ // Физика и химия стекла. – 2009. - Т.35, №4. - С. 505-514.

ИНФРАКРАСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ ЭПОКСИДНОГО ПОЛИМЕРА

Наумкин Николай Сергеевич ^{a,b}, Бурова О.В. ^{a,b}, Шестаков Н.П. ^{a,b,1},
Иваненко А.А. ^{a,b}, Шестаков А.Б. ^{a,b}

^a *Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН*

^b *Сибирский федеральный университет*

¹ nico@iph.krasn.ru

Эпоксидные полимеры это наиболее прочные полимерные материалы, которые твердеют в результате химической реакции. Их физико-механические свойства в чистом виде не очень хороши для практических применений в качестве конструкционных материалов. Известное решение проблемы заключается в армировании полимера наночастицами и волокнами, т.е. в создании композиционного материала (КМ). Лучшие образцы такого рода КМ по качеству приближаются к алюминиевым сплавам, при этом они в два раза легче. Это определяет их основные области применения в авиации, космонавтике и повседневной жизни, т.е. там, где требуется малый вес и высокая прочность.

Создание деталей из КМ производится путем намотки или укладки волокон арматуры пропитанной в эпоксидной смеси, которая затем твердеет. Создание деталей из КМ дорогостоящая операция, требующая создания специального оборудования для производства каждой детали. Это конечно проблема. Возможно, существует альтернативное решение, не требующее армирования. Дело в том, что расчетная прочность полимерной матрицы на порядок выше, чем наблюдаемая на практике [1]. Как известно, прочность ковалентных связей самая высокая по сравнению с другими типами химических связей. Однако, по не ясным причинам в матрице эпоксидного полимера она не реализуется. Причина, вероятно, заключается в дефектности матрицы эпоксидного полимера. Цель работы исследование дефектов методом инфракрасной спектроскопии.

Известно, что химически сшитые полимеры не растворяются [2]. Реальные образцы эпоксидного полимера всегда содержат некоторое количество химически не связанных молекул, которые растворяются в ацетоне. В работе исследована зависимость растворимости эпоксидного полимера от концентрации основных компонентов. Измерение концентрации растворенного компонента выполнено методом ИК спектроскопии. Приводится описание методики измерения. Полученные результаты использованы для бездефектного режима полимеризации.

1. Чернин, И.З., Смехов Ф.М., Жердев Ю.В. Эпоксидные полимеры и композиции, – М.: Химия, 1982. – 232 с.
2. Рамбиди Н. Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий, учеб. / М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 456 с.

АДСОРБЦИЯ ИОНОВ НИКЕЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ НАНОАЛМАЗОВ

Петрова Татьяна Ивановна

Сибирский федеральный университет, кафедра нанофазных материалов и нанотехнологии ИИФиРЭ

Г.А. Чиганова, д.т.н., доцент

tanechkaiff@mail.ru

Наноалмазы детонационного синтеза относятся к классу наноматериалов, получение, модификация и применение которых вызывает интерес ученых и инженеров из разных стран.

Поскольку адсорбция составляет основу многих технологических процессов, изучение адсорбционных свойств наноалмазов, в том числе по отношению к ионам металлов (Ni, Cu, Co и др.) привлекает внимание многих исследователей. В литературе приводятся различные данные по адсорбционной способности наноалмазов по отношению к ионам никеля, в том числе и об ее отсутствии [1].

Адсорбция ионов никеля на поверхности наноалмазов, полученных при детонации смесевых составов тринитротолуола с гексогеном, очищенных от неалмазного углерода термообработкой на воздухе в присутствии борного ангидрида, ранее не изучалась.

Целью работы было исследование адсорбции ионов никеля на поверхности наноалмазов методом спектрофотометрии (спектрофотометр КФК – ЗКМ).

Калибровочный график зависимости оптической плотности растворов от концентрации хлорида никеля получали при длине волны 720 нм в интервале концентрации 0,025÷0,25 моль/л.

Для исследования адсорбционных характеристик использовали 1% суспензии наноалмазов. Навески порошка диспергировали в растворах хлорида никеля (УЗДН -А). После достижения адсорбционного равновесия наноалмазы отделяли от дисперсионной среды.

Результаты экспериментов показали, что адсорбционная активность наноалмазов по отношению к ионам никеля увеличивается от 0,1 до 0,3 ммоль/г (от 0,2 до 0,6 ат/нм²) при увеличении концентрации хлорида никеля от 0,05 до 0,25 моль/л.

Полученные данные несколько превышают максимальную адсорбцию ионов никеля на поверхности окисленных углей, активно применяемых в качестве сорбентов (0,16 – 0,21 ммоль/г) [2].

1. [http:// him42.ru/almaz.htm](http://him42.ru/almaz.htm)
2. Тарковская И. А. Физико–химические свойства модифицированных углеродных материалов/ И. А. Тарковская, С.С. Ставицкая// Адсорбция и адсорбенты . -1983.- Вып. 11.-С.68-76.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВАКАНСИЙ БОРА И АЗОТА НА ЭЛЕКТРОННУЮ СТРУКТУРУ h-BN

Сержантова Мария Викторовна

Сибирский федеральный университет, кафедра физической и неорганической химии ИЦМиМ

А.А. Кузубов, к.ф.-м.н., доцент

sunrise.86@mail.ru

В данной работе проводился расчет вакансий в структуре h-BN, их энергий, а также изменениям в электронной структуре соединения, вызванные присутствием вакансий. Кроме того, изучалось влияние внешнего давления на стабильность указанных дефектов.

Все расчеты проводились в рамках формализма функционала плотности (DFT) с градиентными поправками (PBE) с использованием пакета VASP. Электрон-ионное взаимодействие было учтено через ультрамягкий псевдопотенциал Вандербиля с энергией $E_{\text{CUTOFF}} = 348,1 \text{ eV}$.

Исследование зависимости энергии вакансий от относительного изменения объема показало, что при уменьшении объема пластины энергия вакансий уменьшается.

С помощью вышеперечисленных методов была проведена качественная оценка ширины запрещенной зоны в структурах h-BN, h-BN с дефектом бора и h-BN с дефектом азота. Вакансии в атомной структуре h-BN приводит к изменению электронной структуры соединения. В интервале от -3 до 1 eV, в случае дефекта бора, появляется внутреннее состояние (внедренный уровень) в области запрещенной зоны, заполненное электронами (т.е. электроны находятся на оборванных связях азота, окружающих дефект). В случае дефекта азота образуется вакантное состояние, образованное вакантными орбиталями атома бора.

Для плоскости h-BN уровень Ферми равен -2,25 eV, ширина запрещенной зоны 4,94 eV. При этом данное соединение является непрямозонным полупроводником. Для плоскости h-BN с вакансией атома бора уровень Ферми равен -3,07 eV, ширина запрещенной зоны 4,25 eV. Для плоскости h-BN с дефектом азота уровень Ферми равен -0,31 eV, ширина запрещенной зоны 4,58 eV. Расчет показывает, что в данном случае зонная структура соответствует случаю прямозонного полупроводника.

При исследовании зависимостей плотностей состояния от относительного изменения объема пластины было выявлено, что внедренный уровень при сжатии перемещается к вакантному нижнему уровню или к заполненному верхнему уровню. В случае дефекта бора внедренный уровень при сжатии приближается к заполненному верхнему уровню, а при расширении – к вакантному нижнему уровню. В случае дефекта азота внедренный уровень при сжатии приближается к вакантному нижнему уровню, а при расширении – к заполненному верхнему уровню.

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ Al_2O_3 , ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА

Соколов Андрей Сергеевич, Высотин Александр Владимирович

*Сибирский федеральный университет, кафедра фотоники и лазерной техники
ИИФурЭ*

Г.А. Чиганова, д.т.н.

scvenn@rambler.ru

Порошки оксида алюминия ударно-волнового синтеза применяют в качестве ультрадисперсной добавки при получении корундовой керамики. Применение таких порошков, легированных хромом во взрыве приводит к дополнительному повышению микротвердости керамики. Исследование фазовых превращений происходящих при нагреве Al_2O_3 ударно – волнового синтеза актуально для разработки технологии изготовления изделий на его основе.

В данной работе проведен дифференциально-термический анализ (дериватограф Q-1500, масса навески 300 мг, скорость нагрева 15 К/мин) следующих порошков:

Образец №1 – Al_2O_3 , синтезированный в герметичной взрывной камере; фазовый состав - 88% δ - и 12% θ - Al_2O_3 .

Образец №2 – смесь порошка Al_2O_3 (образец №1) и бихромата аммония в количестве 4.2%.

Образец №3 – Al_2O_3 , легированный ионами хрома (III) во взрыве; фазовый состав - 30% δ -, 65% θ - и 5% α - Al_2O_3 ; содержание хрома – 1,2%.

Сопоставление данных термограмм образцов позволяет сделать вывод о влиянии хрома на ускорение фазового перехода δ - и θ - Al_2O_3 в α -модификацию: температуры начала перехода и максимума на кривой ДТА сдвигаются в область более низких температур.

При термообработке образца №1 преобладает переход $\delta \rightarrow \alpha$ - Al_2O_3 , а для образца, легированного ионами хрома во взрыве, переход θ - Al_2O_3 в α -модификацию.

Полученные величины энергии активации (в среднем 690 кДж/моль) всех образцов совпадают в пределах погрешности. Можно сделать вывод, что отличие величин энергии активации фазовых превращений в α -модификацию δ - и θ -фаз оксида алюминия, полученного с использованием энергии взрыва, мало существенно.

Величины энергии активации Al_2O_3 ударно-волнового синтеза довольно близки к известным из литературы величинам $E_{акт} \delta \rightarrow \theta$ и $\theta \rightarrow \alpha$ превращениям в оксиде алюминия плазменного синтеза, протекающим при температурах свыше 1100°C [1].

1. Козлова И.Р. Структурные превращения в напыленной окиси алюминия / И.Р. Козлова // Неорганические материалы – 1971. – Том 7, №8. – С. 1372-1376.

РОЛЬ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛОТНОСТИ ТОКА И ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПРИ НАНЕСЕНИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ХРОМ-НАНОАЛМАЗНЫХ ПОКРЫТИЙ

Солнцев Александр Васильевич, Никитин Дмитрий Николаевич
Сибирский федеральный университет, кафедра нанотехнологий и нанофазных
материалов ИИФиРЭ

В.П. Исаков, к.ф.-м.н., доцент

Процессы электрохимического нанесения покрытий широко используются во всех отраслях науки и техники. Особенность процесса, описанного в данной работе, заключается в том, что мы разрабатываем технологии нанесения композиционных электрохимических покрытий (КЭП), где в качестве дисперсной фазы используются частицы размером порядка нанометра (наноалмазы), что позволяет получать тонкие КЭП.

Рабочая плотность тока определяется прежде всего необходимостью достаточно быстрого нанесения покрытия, поэтому, как правило, является довольно высокой и составляет $20-100 \text{ А/дм}^2$ для процессов хромирования. При повышении плотности тока ускоряется образование дендритов и рост шероховатости поверхности, поэтому реально используют плотность тока, составляющую не более половины, так называемой предельной диффузионной плотности тока [1]. Это выгодно и с точки зрения равномерного распределения тока по поверхности.

Рабочий температурный интервал в процессах электрохимического осаждения составляет, как правило, от 15 до 70°C . Повышение температуры приводит как к некоторым положительным, так и отрицательным эффектам. В целом, следует учитывать, что скорость процессов переноса вещества увеличивается при увеличении температуры на 1°C примерно на 2% , а скорость химических и электрохимических реакций — примерно на 10% .

Очень важно при хромировании поддерживать соотношение между температурой и плотностью тока. Обычно повышение температуры на 1 градус соответствует повышению плотности тока на 2 А/дм^2 .

Поэтому для получения покрытий с нужными качествами и параметрами (в зависимости от предполагаемой области последующего применения изделий) необходима регулируемая стабилизация плотности тока и температурного режима.

1. Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. / Гамбург Ю.Д. – М.: “Техносфера”, 2006

ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА YBCO+Ag

Терентьев Константин Юрьевич, Немцев Иван Александрович

Институт физики им. Л.В.Киренского СО РАН,

лаборатория сильных магнитных полей СМП

М.И. Петров, к.ф.-м.н., доцент

molisili@mail.ru

В настоящей работе представлены предварительные результаты по фазовой диаграмме серебра (которое не при каких условиях не проявляет сверхпроводящих свойств), находящегося в составе композита YBCO+Ag[1]. В этом случае сверхпроводимость серебра обуславливается квантовым явлением, называемым «эффектом близости»[2].

Приведена фазовая диаграмма в координатах H , T , J , дающая представление о транспортных характеристиках как композита в целом, так и самого ВТСП, вследствие возможности построения ее в доступных магнитных полях, недостижимых для чистого ВТСП.

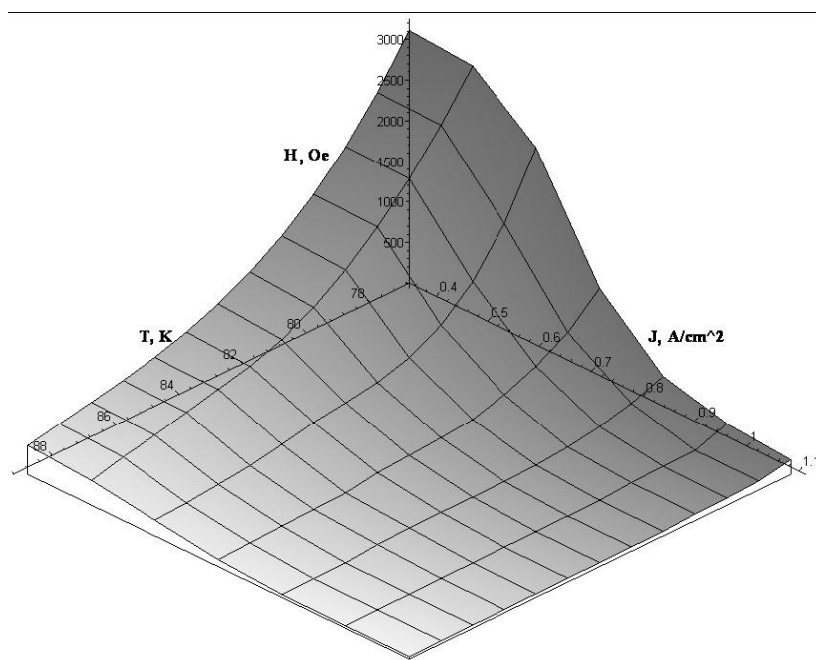


Рис.1. Фазовая диаграмма композита $0.7YBa_2Cu_3O_7+0.3Ag$ в координатах T , H , J

1. Марков Л.К., Орлова Т.С. и др. Влияние содержания серебра на механические и электрические свойства ВТСП-керамики $YBa_2Cu_3O_7+Ag$ / ФТТ. – 2003. – Т45, вып.9 – с.1551-1555.
2. A. Bagrets, C. Lacroix, A. Vedyayev. Theory of proximity effect in superconductor/ferromagnet heterostructures/Phys. Rev. – 2003. - В 68.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРО
ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ
ОГНЕУПОРНЫХ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ $\text{SnO}_2 - \text{Sb}_2\text{O}_3$ С
ДОБАВКАМИ AgO И НАНОПОРОШКА CuO**

Трухачев Евгений Юрьевич

Сибирский федеральный университет, кафедра фотоники и лазерной технологии

ИИФиРЭ, НТЦ Инновационных технологий СФУ

В.И. Кирко, д.ф.-м.н., профессор

jkhome@mail.ru

Особенностью материалов на основе оксида олова (SnO_2) и оксида сурьмы (Sb_2O_3) с добавками широкого класса оксидов металлов, в том числе оксида меди (CuO) являются их уникальные свойства при высоких температурах (900-1300°C), а именно: одновременно высокие значения прочности, электропроводности и коррозионной стойкости в агрессивных средах. Последнее позволяет их использовать в качестве перспективных электродных материалов. В частности для создания не расходующихся (несгораемых) анодов электролизеров при производстве алюминия.

Известно, что физико-механические и электрофизические свойства керамик зависят от многих факторов таких как: химический и гранулометрический состав исходной шихты, время и способ ее подготовки, режимы прессования и обжига и т.д. В [1] показано, что введение в исходную шихту до 5% ультрадисперсного порошка (УДП) оксида металла позволяет увеличить прочность, плотность керамики, а также уменьшить ее пористость и температуру спекания. Для электропроводящих керамик введение УДП должно отразиться и на ее электропроводящие свойства.

В настоящей работе исследовано влияние водорастворимых добавок солей металлов на физико-механические и электрофизические свойства керамик, синтезированных на основе базового состава $\text{SnO}_2 - \text{Sb}_2\text{O}_3$ с добавками УДП различных оксидов металлов.

Показано, что добавки, позволяют увеличить прочность керамики до 470 МПа при достаточно низком значении открытой пористости 6,3% и удельного электросопротивления ($0,44 \cdot 10^{-3}$ Ом·м). Последняя совокупность свойств важна при использовании керамик в качестве анодов, работающих в агрессивных средах при высоких температурах.

1. Степанов Е.И., Влиянии ультрадисперсных добавок Al_2O_3 на физико-механические свойства корундовой керамики/ Е.И.Степанов, М.В. Григорьев, В.И.Кирко// Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 2 (2008 1) 162-167.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ УПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУР В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ЗОЛЯХ

Ципотан Алексей Сергеевич, Герасимов Валерий Сергеевич, Исаев

Иван Леонидович, Грачев Алексей Сергеевич

Сибирский федеральный университет, кафедра ФилТ ИИФиРЭ

С.В. Карпов, д.ф.-м.н., профессор

cipotana@mail.ru

Получение искусственных опалов, на сегодняшний день, является важной прикладной задачей. Такие упорядоченные структуры формируются из частиц размером несколько сотен нанометров в дисперсных системах с различным способом стабилизации.

Цель настоящей работы состояла в том, чтобы методом броуновской динамики исследовать закономерности спонтанной кристаллизации частиц в электростатически стабилизированных гидрозольях от различных начальных параметров системы. Для того чтобы оценить степень влияния этих параметров, в настоящей работе выполнялись расчеты дефектности, получаемых структур, в зависимости от времени кристаллизации. Кроме того, были выполнены расчеты парных потенциалов для таких частиц в зависимости от их размеров и концентрации электролита.

В настоящей работе спонтанная кристаллизация моделируется с помощью решения уравнения Ланжевена для каждой отдельной частицы под действием равнодействующей сил. Получаемый агрегат при этом представляет собой систему связанных во вторичном потенциальном минимуме контактирующих частиц, имеющих двойной электрический слой.

Потенциал межчастичного взаимодействия включает в себя ван-дер-ваальсово притяжение, а также электростатическое отталкивание, обусловленное перекрытием двойных электрических слоев. В модели учитываются стохастическая гидродинамическая сила и диссипативные силы, включая силы касательного трения, возникающие при относительном движении контактирующих частиц, а также силы вязкого трения, возникающие при движении частиц в дисперсионной среде. Решение уравнений движения производится с применением метода «предиктор-корректор».

В работе получены следующие результаты. Показано, что при уменьшении размеров частиц и увеличении концентрации электролита вторичный минимум исчезает, и кристаллизация системы оказывается невозможной. Показано, что с увеличением размеров частиц, дефектность кристалла возрастает. В диапазоне концентраций электролита, при которых возможна кристаллизация, отмечена слабая зависимость дефектности формирующегося кристалла от концентрации электролита.

ОПТИЧЕСКИЕ И НЕЛИНЕЙНООПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РОМБИЧЕСКОГО ТРИБОРТА ВИСМУТА

Черепяхин Александр Владимирович, Александровский А.С.,
Зайцев А.И., Замков А.В.

ИФ СО РАН
az@iph.krasn.ru

Триборат висмута BiV_3O_6 (BiVO) моноклинной модификации (α - BiVO) является перспективным нелинейно-оптическим материалом [1]. Получены монокристаллы хорошего качества с размерами $10 \times 4 \times 3 \text{ мм}^3$ ранее неизвестной ромбической модификации δ - BiVO с высокой плотностью и пространственной группой симметрии $\text{Pbc}2_1$ [2]. Рост кристаллов проводили при атмосферном давлении в отличие от работы Беккер и др.[3], где данная фаза получена в виде микрокристаллов как фаза высокого давления. Кроме того, согласно нашим исследованиям, ромбическая фаза δ - BiVO является устойчивой относительно моноклинной (α - BiVO). Согласно работы Ли и др.[2], помимо этих двух фаз (α и δ) триборат висмута может существовать и в виде двух других (β и γ), но их структуры имеют центр симметрии, а значит данные модификации BiVO не пригодны для нелинейнооптических применений.

Исследование дисперсионной зависимости показателей преломления ромбического кристалла сделано в спектральном диапазоне 435-1064 нм методом призмы с точностью $\pm 0,0003$. По полученные данным были найдены коэффициенты для уравнения Зельмеера.

Измерение нелинейных коэффициентов проводилось методом клина в условиях несинхронного взаимодействия волн, длина волны первой гармоники равнялась 1064 нм. В качестве эталонного кристалла использовался кристалл титанил-фосфата калия с известными нелинейными коэффициентами, $d_{33}=14.6$; $d_{15}=1.9$ (пм/В). Расчет нелинейных коэффициентов с учетом отражений Френеля показал, что δ - BiVO имеет наибольшие нелинейно-оптические коэффициенты среди боратов, $d_{31}=2.54$; $d_{32}=4.34$; $d_{33}=3.37$; $d_{15}=0.57$ $d_{24}=2.42$ (пм/В).

Поскольку кристалл оптически положительный, то реализовать синхронные взаимодействия I типа в нем нельзя. Синхронные взаимодействия II типа, однако, возможны. В кристалле можно реализовать некритичный по углу и по длине волны синхронизм для генерации второй гармоники при длинах волн накачки $\sim 1,273 \text{ мкм}$ ($d_{15}=0.57$ пм/В) и $\sim 1,541 \text{ мкм}$ ($d_{24}=2.42$ пм/В).

Работа выполнена при финансовой поддержке НШ-4645,2010.2

1. R. Frohlich. et al.// Sect. C. 1984. **40**, 343.
2. Aleksandrovsky et al.// J.Cryst.Gr.. 2008. V. 310, №18, pp. 4027-4030.
3. P. Becker et al.// Angew. Chem. Int. Ed.. 2006. **45**, 8239-8241.

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОЙ КОРУНДОВОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ГЛИНОЗЕМА

Черноусов Александр Анатольевич

Сибирский федеральный университет, инженерно-физическое отделение ИИФиРЭ

М.М. Колосова, к.т.н., профессор

sansik@bk.ru

Разработаны и исследованы составы высокопрочной корундовой керамики полученной на основе местных сырьевых материалов. В качестве основного компонента использовался мелкодисперсный глинозем – побочный продукт «Ачинского глиноземного комбината» [1].

Керамика из алюмооксидного сырья может содержать модифицирующие добавки – минерализаторы, позволяющие снизить температуру спекания.

Применение модифицирующих добавок при спекании резко снижают энергию активационных процессов. Введение минерализаторов, позволяет сдерживать рост кристаллов при спекании керамики и получать изделия с более плотной мелкокристаллической решеткой, высокой механической прочностью, стойкостью к истиранию, работающие в агрессивных средах и при высоких температурах [2].

В качестве минерализаторов опробованы глина Кантатского месторождения, остеклованный шлак ТЭЦ-2 и диоксид титана.

В результате проведенных исследований определены составные ингредиенты шихты местных месторождений и отходов промышленности. Подобран оптимальный состав шихты, отработаны режимы прессования и обжига. Выпущена опытная партия изделий и проведены испытания их физико-механических свойств. Прочность на изгиб составляет 180-250 МПа, прочность на сжатие 1650-1720 МПа, коэффициент истираемости 0.03-0.09 %/час, водопоглощение не более 0.3%, теплопроводность 15.3-18.5 Вт/(мК).

По своим показателям разработанная керамика соответствует требованиям, предъявляемым к материалам, используемых для футеровки транспортных систем горнодобывающей промышленности.

1. Дашкевич Р.Я., Кирко В.И., Домина О.Н. Разработка технологии низкощелочного мелкодисперсного глинозема и использование его в различных областях промышленности // Тез. VI Международной конференции - выставки "Алюминий Сибири - 2000". 5-7 сентября, 200. С. 91-92.
2. Будников П.П., Березной А.С., Булавин И.А., Каллига Г.П., Кукалев Г.В., Полубояринов Д.Н. Технология керамики и огнеупоров. -М.: гос. изд. лит. по строит., archit. и строит. Материалам, 1962. С.239.

РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОАЛМАЗОВ ДЕТОНАЦИОННОГО СИНТЕЗА

Чульмякова Дарья Александровна

Сибирский федеральный университет, кафедра наночастиц и нанотехнологий ИИФирЭ

Г.А. Чиганова, д.т.н., доцент

Chda1404@mail.ru

Наноалмазы детонационного синтеза (НА) являются перспективным материалом и используются в различных областях науки и техники. Их характеристики зависят от способа синтеза и очистки. Порошки НА, очищенные по способу [1], характеризуются удельной поверхностью $280 \pm 10 \text{ м}^2/\text{г}$ (метод БЭТ) и размером ОКР 4 – 5 нм.

Водные дисперсии НА, полученные ультразвуковым диспергированием порошков в воде, применяют в различных технологических областях, поэтому актуальны исследования распределения частиц НА в водной среде по размерам.

Анализ распределения частиц по размерам определяли методами седиментации и динамического светорассеивания с помощью дисковой центрифуги CPS 24000.

Были исследованы дисперсии наноалмазов, полученные как механическим перемешиванием, так и ультразвуковой обработкой (УЗДН-А, частота 22 кГц) в течение различного времени диспергирования. Установлено, что для всех водных дисперсий НА размеры основного количества частиц находится в диапазоне 10-100 нм.

Результаты исследований показали, что дисперсии с оптимальными по ряду показателей размерными характеристиками НА (среднечисленный диаметр, средневесовой диаметр, индекс полидисперсности и др.) получают в результате ультразвукового диспергирования в течение 3 минут.

Проведено сравнение данных НА с наноалмазами, очищенными хромовой смесью, производства РФЯЦ – ВНИИТФ (НА-2).

Как и в первом случае, диспергирование НА-2 в течение 3 минут является оптимальным. Однако при близком значении среднечисленного диаметра, НА-2 содержат большее количество крупных частиц: индекс полидисперсности увеличился в 1,4 раза, весовая доля фракции диаметром больше 50 нм увеличивается в 3,3 раза. Очевидно влияние различных условий синтеза и очистки наноалмазов.

1. Пат.2004491 РФ, МКИ С 01 В 31/06. Способ очистки детонационного алмаза/А. С. Чиганов, Г. А. Чиганова, Ю. В. Тушко, А. М. Ставер (РФ). Заявл.02.06.91. Опубл.15.12.93.

ИНФРАКРАСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ПРОДУКТОВ ИСПАРЕНИЯ ЭПОКСИДНОГО ПОЛИМЕРА

Шестаков Александр Борисович.^{a,b}, Наумкин Н.С.^{a,b}, Бурова О.В.^{a,b},
Шестаков Н.П.^{a,b,1}, Иваненко А.А.^{a,b}

^a *Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН*

^b *Сибирский федеральный университет*

¹ nico@iph.krasn.ru

Известно, что эпоксидные полимеры твердеют в результате химической реакции. В идеале они не плавятся и не растворяются [1,2]. На практике они содержат некоторое количество, химически не связанных молекул исходных компонентов и макромолекул. При нагревании эти молекулы испаряются. В данной работе исследованы спектры инфракрасного поглощения продуктов испарения эпоксидного полимера. Разработана установка для исследования спектров в процессе испарения полимера. На основе измерения интегральных интенсивностей продуктов испарения определены концентрация и типы дефектов структуры эпоксидного полимера. Полученные результаты сравниваются с методом растворения в ацетоне.

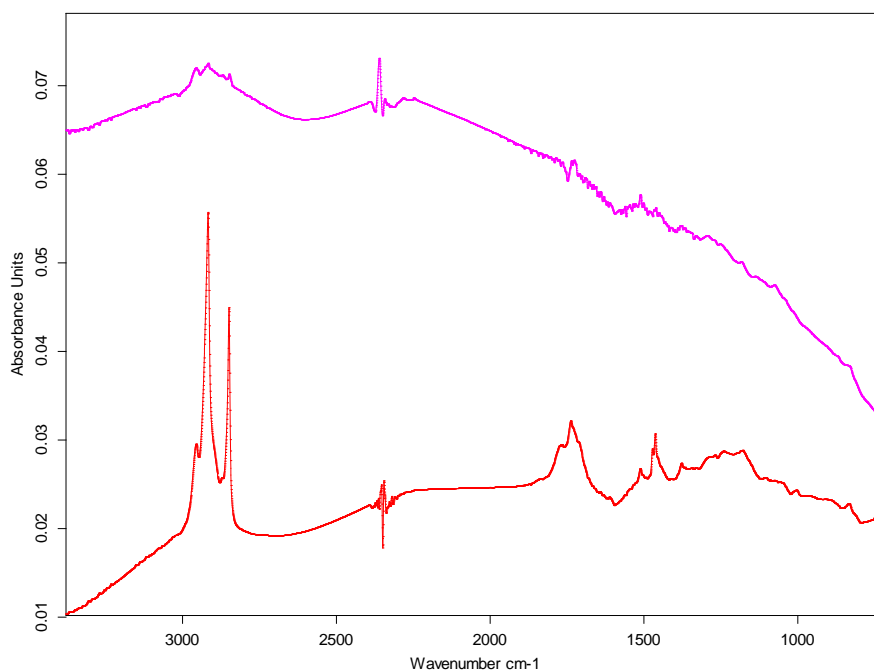


Рис.1. Спектры ИК поглощения продуктов испарения эпоксидного полимера

Полученные результаты использованы для бездефектного режима полимеризации.

1. Николаев А.Ф., Крыжановский В.К. и другие. Технология полимерных материалов, учебное пособие / Санкт-Петербург: Изд.- Профессия, 2008. стр. 310.
2. Рамбиди Н. Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий, учеб. / М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 456 с.

Секция VIII. СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

(Председатель: д.ф.-м.н., профессор Ю.Ю. Логинов)

ТРУДНОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ПРАВИЛ КИРХГОФА СТУДЕНТАМ ПЕРВОГО КУРСА

Иванова Марина Павловна

*Железногорский филиал ФГОУ «Сибирский федеральный университет», кафедра
радиотехники*

В.В. Дубич, к.т.н., доцент

maria856@mail.ru

В работе рассмотрены закономерности протекания токов в разветвлённых цепях. Для упрощения расчётов сложных электрических цепей, содержащих неоднородные участки, используются два правила Кирхгофа [3]:

1) Алгебраическая сумма сил токов для каждого узла в разветвлённой цепи равна нулю;

2) В любом замкнутом контуре в разветвлённой электрической цепи алгебраическая сумма произведений сил токов на сопротивления равна алгебраической сумме ЭДС.

В ходе исследования мы выяснили, что первое правило Кирхгофа является следствием закона сохранения электрического заряда, а второе – следствием обобщённого закона Ома.

Также были выявлены следующие трудности изучения правил Кирхгофа:

- для первого правила Кирхгофа характерны трудности с нахождением узлов и правильной постановкой знаков;
- для второго правила Кирхгофа характерны трудности с определением направления ЭДС, количеством источников тока в выбранном контуре, направлениями токов и обхода контура, что вызывает ошибки при определении знака ЭДС и IR .

1. Матвеев А. Н. Электричество и магнетизм: Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 1983. — 463 с, ил. и более поздние издания.
2. Калашников С. Г. Электричество: Учебное пособие. — М.: Физматлит, 2003. — 625 с.
3. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. — М.: Гардарики, 2007. (11 издание)
4. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие для ВУЗов – 7-е издание, стер. – М.: Высшая школа, 2003. – 541 с.: ил.

ОПИСАНИЕ МЕТОДА ЧОХРАЛЬСКОГО ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ

Комаров Дмитрий Павлович

*Железногорский филиал ФГОУ «Сибирский федеральный университет», кафедра
радиотехники*

В.В. Дубич, к.т.н., доцент

ezzario@gmail.com

В работе описывается метод Чохральского, применяемый в производствах по выращиванию монокристаллов различных веществ. Данный метод широко используется на заводе поликремния в городе Железногорске при производстве монокристаллического кремния диаметром 150-200 мм с использованием установок фирмы "Kayex" (США).

Суть метода заключается в следующем. Процесс кристаллизации: гранулы поликристаллического кремния плавят в кварцевом тигле. Затем затравочный монокристалл высокого качества опускается в расплав кремния и одновременно вращается. После происходит постепенное вытягивание монокристалла из расплава, в результате образуется цилиндрический монокристалл кремния.

За время использования были разработаны различные модификации метода. Так для выращивания профилированных кристаллов используется модификация метода Чохральского, называемая методом Степанова. Модификация наиболее известна применительно к выращиванию сапфира и кремния.

Метод является тигельным, поэтому этот метод загрязняет расплав материалом тигля (для кремния, выращиваемого из кварцевого тигля это, в первую очередь, кислород, и уже затем бор, фосфор, алюминий).

Метод характеризуется наличием большой открытой площади расплава, поэтому летучие компоненты и примеси активно испаряются с поверхности расплава (из кремния, выращиваемого из кварцевого тигля, наиболее активно испаряется монооксид кремния — SiO).

Для обеспечения более равномерного распределения температуры и примесей по объёму расплава затравочный кристалл и тигель с расплавом вращают, причём в противоположных направлениях.

Инициация процесса выращивания производится путём введения в расплав затравочного кристалла необходимой структуры и кристаллографической ориентации. Из-за поверхностного натяжения в жидкости на поверхности затравочного кристалла сначала образуется тонкая кремниевая плёнка. Последующие атомы кремния ориентируются в соответствии с затравочным кристаллом; таким образом, в результате слиток имеет ту же кристаллическую структуру, что и исходный зародыш. То есть структурой и ориентацией выращиваемого кристалла можно управлять путём выбора соответствующего затравочного кристалла.

1. Kasap, S.O. Principles of Electronic Materials and Devices, 2nd edition, Prentice Hall: New Jersey, 2002
2. Handbook of Crystal Growth. Volume 2: Bulk Crystal Growth. NORTH-HOLLAND, 1994.

ТРУДНОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ЗАКОНОВ ОМА СТУДЕНТАМ ПЕРВОГО КУРСА

Силантьев Артем Александрович

*Железногорский филиал ФГОУ «Сибирский федеральный университет», кафедра
радиотехники*

В.В. Дубич, к.т.н., доцент

artyom183@mail.ru

В работе рассмотрены законы Ома в разных типах цепей, причем для разных их участков используются разные формы этого закона:

- 1) Закон Ома в интегральной форме, для неоднородного участка цепи;
- 2) Закон Ома для участка цепи, не содержащего источника тока;
- 3) Закон Ома в замкнутой цепи.

На примере схемы с источником тока и сопротивлением в ходе исследования было выяснено, какой именно закон Ома действует при прохождении тока через разные точки.

Также были составлены схемы, иллюстрирующие интегральный закон Ома и три составляющие этого закона. Кроме того, были выявлены следующие трудности изучения закона Ома:

- 1) Для разных участков цепи должны использоваться разные формы интегрального закона Ома;
- 2) Трудность изучения обозначения новых величин.

1. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие для ВУЗов – 7-е издание, стер. – М.: Высшая школа, 2003. – 541 с.:
2. Буров В.А., Дик Ю.И., Зворыкин Б.С. и др. Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7–11 классах общеобразовательных учреждений: Кн. для учителя. Под ред. Букова В.А., Никифорова Г.Г. – М.: Просвещение, 1996.
3. Тульчинский М.Е. Занимательные задачи-парадоксы и софизмы по физике. – М.: Просвещение, 1971.

ТРУДНОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕОРИИ НИКОЛА ТЕСЛО СТУДЕНТАМ

Чесноков Владислав Дмитриевич

*Железногорский филиал ФГОУ «Сибирский федеральный университет», кафедра
радиотехники*

В.В. Дубич, к.т.н., доцент

Vlad166917@rambler.ru

В работе рассмотрены взгляды Тесла на мировой порядок. Его теория жизни. Взгляды на физические нормы, на законы физики.

1) Учение Теслы нужно продолжить.

Его изобретения и открытия, определили науку на 200лет, но по непонятным причинам, его опыты и исследования были резко прекращены. Стоит продолжить его работы, чтобы сделать огромный шаг в науке.

2) Сложности в продолжении исследований.

Сложность будет заключаться в том, что некоторые его теории и задачи не доделаны до конца.

НКСФ- XXXIX (2010)

Материалы научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых-физиков

Отв. за выпуск А.А. Самойлова

Компьютерная верстка, редактирование: А.А. Самойлова, Н.В. Римацкая,
О.А. Вшивкова
Корректурa авторов

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 14,7
Тираж 120 экз. Заказ 24.

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»
Ассоциация студентов-физиков и молодых ученых Красноярска

Отпечатано в типографии «ГОРОД», г.Красноярск, ул.2-ая Брянская, 59/6.

Научное издание