Физический факультет
Санкт-Петербургского государственного университета

Ассоциация студентов-физиков
Санкт-Петербургского государственного университета

Математико-механический факультет
Санкт-Петербургского государственного университета

Фонд развития физического факультета

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ "ОБРАЗОВАНИЕ"

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

молодёжной научной конференции «ФИЗИКА и ПРОГРЕСС»

25 – 27 октября 2006 года

Санкт-Петербург, Петродворец, ул. Ульяновская, д.3

Физический факультет
Санкт-Петербургского государственного университета

Санкт-Петербург
2006

Рабочие органы конференции

Президиум:

декан физического факультета СПбГУ **А. С. Чирцов**;
директор НИИ Физики им. В. А. Фока **Е. И. Рюмцев**;
председатель Ассоциации студентов-физиков СПбГУ **Д. Д. Гущин**

Программный комитет:

Секция «**Физика Земли, атмосферы и космоса**»
Сопредседатели: **проф. Всеволод Владимир Иванов, проф. Николай Михайлович Гаврилов**

Секция «**Теоретическая, математическая и вычислительная физика**»
Председатель: **проф. Письмак Юрий Михайлович**

Секция «Оптика и спектроскопия, лазерная физика»
Сопредседатели: **проф. Николай Александрович Тимофеев, доц. Юрий Владимирович Чижов**

Секция «**Физика твёрдого тела, новые материалы**»
Председатель: **проф. Александр Петрович Барабан**

Секция «**Ядерная физика и физика частиц**»
Председатель: **проф. Леонид Васильевич Краснов**

Секция «**Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем**»
Председатель: **проф. Андрей Владимирович Лезов**

Секция «**Прикладные математика и физика**»
Председатель: **доц. Александр Сергеевич Чирцов**

Секция «**Общая физика — Центр ПОИСК**»
Сопредседатели: **доц. Роберт Павлович Колалис, доц. Елена Львовна Лебедева**

Организационный комитет:

И. М. Григорьев — председатель;
Е. В. Серова;
Э. И. Спирин

Организационный комитет Ассоциации студентов-физиков:

Д. А. Деркач — координатор;
И. Л. Волков;
С. А. Гаврилов

Конференция "Физика и прогресс" проводится в рамках проекта «Инновационная образовательная среда в классическом университете», реализуемого в Санкт-Петербургском государственном университете при финансовой поддержке Программы поддержки вузов, внедряющих инновационные образовательные программы, национального проекта «Образование».

Контакты

E-mail оргкомитета: **studconf@amber.ff.phys.spbu.ru**

Интернет-сайт конференции: **http://www.phys.spbu.ru/conference**

Телефон/факс для связи: **+7 (812) 428-72-00**

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Секция «Физика Земли, атмосферы и космоса»

Аннабаев Р. М., Лукьянова Р. Ю.
Развитие модели расчета распределения электрического потенциала в ионосфере 11

Артюховский А. П., Фетисов С. А.
Дрейф Евроазиатской плиты по наблюдениям геодинамической станции СПбГУ 12

Балуев Р. В.
Эффект неизвестного наклона в распределении масс внесолнечных планет 13

Буркова Н. В., Тарасова В. А.
Подтверждение правила образования 22-летних циклов солнечной активности 14

Гейер М. А.
Численный метод расчета поля поверхностных волн при наличии каустик 15

Демидова Т. В.
Циклические вариации околозвездной экстинкции в моделях молодых двойных систем 16

Кожемякина А. В., Чернышева Д. И.
Прогноз максимума 24-го цикла солнечной активности по методу Оля 17

Попова Е. А.
Радиоизлучение и поглощение в зонах Стремгрена сверхновых и звезд ранних спектральных классов 18

Rodriguez Castillo Guillermo-Andres
Optical Observations of the Anomalous X-Ray Pulsar 4U 0142+61 with the BTA 6m Telescope 19

Смирнов С. С.
Система хранения и передачи точного времени на основе GPS/ГЛОНАСС измерений 20

Секция «Теоретическая, математическая и вычислительная физика»

Емельянова Н. В.
Кооперативное излучение ансамбля стохастических осцилляторов 23

Рунёв Е. В.
Интегрируемые системы на орбитах простых групп Ли 24

Святковский А. В.
Коллективные эффекты в ядро-ядерных соударениях 25

Секция «Оптика и спектроскопия, лазерная физика»

Баженова А. Г.
Аналог эффекта Брюстера при отражении света
от опалоподобного фотонного кристалла 29

Виноградов Н. А.
Формирование квантовых электронных состояний в тонких плёнках металлов
и их изучение с помощью фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением
и применением синхротронного излучения 30

Метельский К. Е.
Применение модифицированного метода PIV для измерения поля скоростей 31

Метельский К. Е., Рябчиков Е. Л.
Цифровая обработка сигнала с ЛДИС 32

Мутин Т. Ю.
Интерферометрические исследования параметров плазмы гиперзвуковой
струи магнитоплазменного компрессора 33

Радаев А. В.
Сканирующая конфокальная микроскопия 34

Рябчиков Е. Л.
Лазерная диагностика скоростных распределений в электродинамических
дисперсных системах 35

Секция «Физика твёрдого тела, новые материалы»

Акатьев Н. Г., Пичкин Д. С.
ЯМР ^{59}Co в некоторых кобальт-содержащих нанокомпозитах 39

Байо И.
Влияние предадсорбции Cu на формирование работы выхода системы Gd/W(023) 40

Байо И.
Зависимость величнны дипольного момента адатомов Gd от толщины
предадсорбированного слоя Cu на отдельных гранях монокристалла вольфрама 41

Белоглазова С. В.
Фотокаталитическая реакция (CO+NO) + hн = CO_2 + 1/2N_2 на TiO_{2-x}
при облучении в видимой области спектра 42

Брыкалова К. О.
$2T_{2g}$ резонанс формы в спектрах фотоэмисси из свободных молекулярных
кластеров SF_6 вблизи S 2p порога ионизации 43

Ган А. К.
Исследование физико-механических свойств циркония,
насыщенного водородом 44

Ермолович И. М.
Расчет параметров высокочастотного емкостного разряда распылительной системы
для синтеза кальций-фосфатных пленок 45

Ешенко Е. В., Рябцева М. А.
Исследование тонких кальций-фосфатных покрытий методом резерфордовского обратного рассеяния 46

Зверев Д. А.
Исследование электронной структуры фталоцианина никеля NiPc методами рентгеновской абсорбционной и резонансной фотоэмиссионной спектроскопии 47

Зданчук Е. В.
Исследование электронной структуры ближнего порядка в твердых телах 48

Иевлев А. В.
Реализация метода ЯМР измерения коэффициентов самодиффузии с использованием импульсного градиента магнитного поля 49

Козельская А. И.
Исследование механических свойств тонких биосовместимых кальций-фосфатных покрытий, сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления 50

Козырев А. Н.
Изучение ориентации молекул воды в природных кристаллах берилла методом ЯМР 51

Морозов А. О.
Исследование влияния травителей на морфологию поверхности кремния, покрытого реальным окислом 52

Нестеров М. А.
Квазимолекулярные эффекты в Cr2*p*-спектрах поглощения соединений хрома 53

Паршина В. Л.
Использование последовательности радиочастотных импульсов DANTE в ядерной магнитной томографии для выделения слоя 54

Попов Т. В.
Оптимизация работы мини-спектрометра ЭПР с помощью разделения управляющего ПО на два независимых процесса с различнами приоритетами исполнения 55

Рыбкин А. Г.
Электронная структура нанокластеров золота на оксидированной поверхности Ni(755) 56

Свириденко А. С., Рябцева М. А.
Морфологические особенности тонких кальций фосфатных покрытий, нанесенных методом ВЧ-магнетронного распыления 57

Сеньковский Б. В.
Квантизация в электронной структуре металлов на примере тонких пленок 58

Усачёв Д. Ю.
Графитовое «одеяло» толщиной в один атом 59

Секция «Ядерная физика и физика частиц»

Галицин В. В.
Автономный позиционно-чувствительный детектор оптического излучения на основе ПЗС-матрицы 63

Секция «Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем»

Богданов А. А.
Взаимодействие молекулы ДНК с производными актиноцина, содержащими в амидных группах радикалы бензо-15-краун-6 67

Васильев В. А.
Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем. Определение максимальной генерации дендримеров 68

Добрун Л. А., Матвеева И. Н.
Динамика электрооптического эффекта в растворах сульфированного полистирола с различным содержанием ионогенных групп 69

Ермоленко М. А., Голубев М. С.
Сепарация полидисперсных пылевых частиц в тлеющем разряде 70

Каретников Н. А.
Получение заданного угла наклона оптической оси на границах жидкокристаллического слоя методом натирания 71

Лезов А. А.
Температурная зависимость характеристической вязкости полимеров 72

Лутиков М. В.
Молекулярные и оптические свойства гребнеобразных полимеров с хиральными боковыми группами 73

Магдысюк О. В.
Диэлектрическая спектроскопия жидкокристаллических полимеров 74

Martchenko I.
Third-generation cylindrical dendrimers based on L-aspargic acid in chloroform solutions: electrooptical, optical and hydrodynamic properties 75

Милькова М. А.
Динамика электрооптического эффекта в растворах сульфированного полистирола 76

Рычалина О. Н.
Структура комплексов ДНК с производными актиноцина, содержащими в амидных группах алкил-амино-алкильные цепочки различной длины 77

Фискевич Т. С.
Динамика эффекта Керра в расплавах сополимеров с мезогенными боковыми группами 78

Хлябич П. П.
Электрооптические и гидродинамические свойства полистирольных звезд с фуллереном C_{60} в качестве центра ветвления 79

Секция «Прикладные математика и физика»

Боровинский А. И.
Магнитогидродинамический метод управления сливом жидкого металла из лотка в литейные формы 83

Водолажская И. В.
Условия возникновения стоячих волн на границе раздела сред 84

Иванов Н. А.
Parametrical Convection in the Microgravity. Ground-based Modeling..... 85

Левантовский А. А.
Система цифрового синхронного детектирования сигнала электронного парамагнитного резонанса 86

Шатрова Е. Ф.
Экспериментальное исследование возможных скоростей шаров, дрейфующих во вращающейся жидкости 87

Секция «Общая физика — Центр ПОИСК»

Martchenko I.
Methods of statistical physics used to describe the internal structure of human languages: simple models, analogies and discussion..... 91

Martchenko I., Martchenko D.
Internal structure and elastic properties of aqueous foams evolving in time: a computer simulation, microscopic photography and acoustic study 92

Порецкий А., Селиванов А.
Методы стабилизации одиночного и многозвенного перевернутого маятника..... 93

Uskov A.
The behaviour of liquid in sponge-like materials 94

Физика Земли, атмосферы и космоса

УДК 550.388

Развитие модели расчета распределения электрического потенциала в ионосфере

Аннабаев Руслан Меретович, Лукьянова Рената Юрьевна

Научные руководители:
к.ф.-м.н., доц. Котиков А. Л., СПбГУ
к.ф.-м.н., с.н.с. Франк-Каменецкий А. В., ААНИИ СПб

К настоящему времени накоплен большой объем данных наблюдений атмосферного электрического поля. Измерения, проводимые в Антарктиде на станции Восток, позволили по-новому взглянуть на проблему основных генераторов глобальной геоэлектрической цепи (ГЭЦ). Как показали исследования последних лет, антарктическое плато является идеальным местом для проведения исследований основных характеристик ГЭЦ (отсутствие антропогенных факторов, облаков нижнего яруса, слабые и устойчивые по направлению ветра и т. д.). Полученные в последние годы экспериментальные данные измерений приземного электрического поля на станции Восток в Антарктиде свидетельствуют о связи между вариациями этого поля и параметрами солнечного ветра. Эта связь имеет физико-статистический характер и для ее обоснования необходимо развитие моделей, связывающих, с одной стороны, распределение электрического потенциала ионосферы с продольными токами и параметрами солнечного ветра, а с другой стороны, рассматривающие проникновение ионосферных полей в нижнюю атмосферу. Для этих целей проведена параметризация существующей математической модели, разработанной Лукьяновой [1] по величине, направлению межпланетного магнитного поля (ММП) и сезону года, используя в качестве входных параметров высокоточные статистические распределения продольных токов, полученные по данным спутниковых измерений. Проведены расчеты распределения электрического потенциала в ионосфере для фиксированных значений ММП.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 06-05-64311

[1] Lukianova R. Y., V. M. Uvarov, B. A. Samokish, (1997), Numerical simulations of the global distributions of electric potentials over the Earth's ionosphere, J. Computation Math. and Math. Physics, 37(7), 838.

УДК 124.01.03

Дрейф Евроазиатской плиты по наблюдениям геодинамической станции СПбГУ

Артюховский Александр Павлович, Фетисов Сергей Анатольевич

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Петров С. Д., кафедра астрономии СПбГУ

Системы спутниковой навигации и их приложения за последние годы довольно прочно закрепили свои позиции в различных областях науки. В частности, глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) нашли широкое применение в астрометрии.

На основе ГНСС-измерений решается целый ряд научных задач: реализация земной системы отсчёта ITRF, определение параметров вращения Земли (ПВЗ), мониторинг движения тектонических плит и многое другое.

В связи с этим в лаборатории астрометрии СПбГУ была организована GPS/ГЛОНАСС-станция, которая начала свою работу на постоянной основе в мае 2006 г. Станция продемонстрировала хорошую стабильность на коротких временных масштабах, что определило точность ее измерений на уровне нескольких миллиметров.

Данная точность измерений позволяет решать целый ряд актуальных научных задач в области астрометрии и геодинамики. В частности, на длительных временных масштабах можно выявить эффекты, связанные с континентальным дрейфом.

В работе рассмотрен дрейф Евроазиатской плиты относительно земной системы отсчета ITRF и других геодинамических станций международной сети IGS на временном масштабе в 5 месяцев.

Эффект неизвестного наклона в распределении масс внесолнечных планет

Балуев Роман Владимирович

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Холшевников К. В., математико-механический факультет СПбГУ

За 11 лет, прошедших с момента открытия в Обсерватории Верхнего Прованса (Франция) в 1995 г. первой экзопланеты, обращающейся вокруг звезды солнечного типа 51 Пегаса, обнаружено уже около 200 подобных объектов. Подавляющее большинство экзопланет было открыто по колебаниям лучевой скорости центральной звезды, вызванным гравитационным воздействием планеты. Этот метод, несмотря на свою продуктивность, обладает существенным недостатком: он не позволяет определить ни саму массу планеты m, ни угол наклона i плоскости её орбиты к картинной плоскости, а лишь их комбинацию $m \cdot \sin(i)$. В совокупности с наблюдательной селекцией, а также относительной малостью выборки открытых экзопланет (то есть, большим статистическим шумом), эффект неизвестного наклона приводит к существенным искажениям наблюдаемого распределения масс.

Для каждой конкретной планеты угол i неизвестен, но можно сделать правдоподобное предположение изотропности его *распределения*. Это дает принципиальную возможность коррекции *распределения* масс экзопланет за эффект неизвестного наклона. Такая обратная задача является некорректной, прямое применение формул обращения приводит, в частности, к неограниченному росту статистического шума. Поэтому ее решение требует специальных математических методов. В работах [1, 2] был представлен метод восстановления плотности распределения по выборке ограниченного объема (в сущности – очистки от статистического шума), основанный на непрерывных вейвлет-преобразованиях. Этот метод допускает также и элегантный способ решения подобных обратных задач. В данной работе описывается вейвлет-регуляризация задачи об эффекте неизвестного наклона. Показано, в частности, что на уровне точности, достижимом с выборкой ~ 200 планет, влияние этого эффекта на распределение их масс почти полностью сводится к простому умножению этих масс на некоторый постоянный множитель. Корректирующий множитель зависит от параметризации распределения, и равен, например, $4/pi \sim 1.27$ для распределения самих масс, $e/2 \sim 1.36$ для распределения логарифмов масс, $pi/2 \sim 1.57$ для распределения обратных масс. Более тонкими проявлениями эффекта неизвестного наклона пока можно пренебречь.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 05-02-17408 и 06-02-16795), Ведущей научной школы (грант НШ-4929.2006.2)

[1] Baluyev R.V. *Statistics of masses and orbital parameters of extrasolar planets using continuous wavelet transforms* // Tenth anniversary of 51 Peg b: status of and prospects for hot Jupiter studies. Frontier Group, Paris 2006.
[2] Балуев Р.В. *Исследование статистических распределений экзопланет методами непрерывного вейвлет-анализа* // Астрон. вестн., в печати.

УДК 523.98

Подтверждение правила образования 22-летних циклов солнечной активности

Буркова Наталья Вячеславовна, Тарасова Вера Анатольевна

Научный руководитель:
доц. Понявин Д. И., НИИ Физики СПбГУ

В 1948 г. М. Н. Гневышевым и А. И. Олем было показано, что соседние 11-летние солнечные циклы не являются независимыми, а образуют статистически и физически связанные пары, состоящие из четного (по цюрихской нумерации) и последующего нечетного циклов. Действительно, между величинами сумм годовых чисел Вольфа в четных и последующих нечетных циклах существует тесная связь. Если же сравнивать по такому же параметру четные и предыдущие нечетные циклы, то оказывается, что между ними связи практически нет.

Целью данной работы является подтверждение правила Гневышева-Оля и проверка его на новых данных до 2006 г.

УДК 550.344.5

Численный метод расчета поля поверхностных волн при наличии каустик

Гейер Михаил Александрович

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Яновская Т. Б., физический факультет СПбГУ

Вследствие латеральной неоднородности верхней толщи Земли трассы поверхностных волн отклоняются от дуг большого круга. Сферичность Земли приводит к тому, что на полусфере противоположной эпицентру трассы пересекаются и образуются каустики, состоящие из двух ветвей, образующих остриё в точке их касания. Между ветвями каустики интерферируют три волны: приходящая к и уходящая от одной из ветвей каустики, и приходящая к другой ветви. Асимптотическое представление волнового поля в окрестности такой каустики (при высоких частотах) выражается через интеграл Пирси (Pearsy), который является функцией двух параметров, связь которых с пространственными координатами определяется формой каустики. Анализ поля гармонической поверхностной волны для простейшей модели на основе интеграла Пирси (Яновская, 2004) показал, что волновая амплитуда осциллирует в окрестности острия в двух направлениях – вдоль каустической оси и в направлении, перпендикулярном каустики. Однако, эти методы справедливы только для высоких частот, где применимо асимптотическое приближение. В реальной Земле периоды поверхностных волн могут быть довольно большие (свыше 150—200 с). В таком случае асимптотическим приближением для анализа поля поверхностной волны пользоваться нельзя. Кроме того, трудности для асимптотического подхода усугубляются тем, что в отдельных областях происходит наложение каустик.

Поэтому был разработан численный метод для расчета поля поверхностных волн в области, содержащей каустики. Для анализа поля предлагается использовать теорему представления, которая состоит в том, что поле внутри некоторого контура выражается в виде интеграла, подынтегральная функция в котором содержит значения самой функции и ее производной по нормали на контуре и функцию Грина. Поле на контуре (окружности, ограничивающей полусферу с центром в эпицентре) вычисляется на основе лучевого метода, поскольку на этой полусфере лучи не пересекаются. Эти данные используются для построения поля на противоположной полусфере, представляемого как суперпозиция волн, приходящих с разделяющей полусферы окружности. Полусфера с центром в антицентре считается латерально однородной, что позволяет построить для нее функцию Грина. Это ограничение не слишком существенно, так как конфигурация лучей и каустик на этой полусфере определяется, главным образом, полем на окружности. Преимуществом такого метода является то, что не требуется знать заранее геометрию каустик и то, что метод пригоден и для суперпозиции нескольких каустик.

На основе разработанного метода были сделаны численные построения для моделей, в которых образуются одна и две накладывающихся друг на друга каустики. На основе этих расчетов сделаны выводы о вариациях амплитуды и фазы. Рассчитаны также поля волн Релея в модели реальной Земли. Показано, что в отдельных точках спектр волны Релея может быть сильно искажен за счет того, что каустики, соответствующие периодам, имеют разную форму.

Циклические вариации околозвездной экстинкции в моделях молодых двойных систем

Демидова Татьяна Валерьевна

Научный руководитель:
Гринин В. П., математико-механический факультет СПбГУ

Анализ продолжительных рядов фотометрических наблюдений звезд типа UX Ori показывает, что наряду с нерегулярными изменениями околозвездной экстинкции наблюдаются также циклические изменения с характерными временами от нескольких до десяти и более лет. Циклическая переменность блеска отражает наличие крупномасштабных неоднородностей в околозвездных дисках. В работах крымской группы (Гринин, Ростопчина, Шаховской), высказана идея о том, что циклическая активность звезд типа UX Ori отражает наличие в околозвездных дисках волн плотности и потоков вещества, обусловленных маломассивным компаньонами. Существование таких структур предсказывают газодинамические модели молодых двойных систем, рассчитанные Артимовичем и Любовым (1996).

В 2000 году Н. Я. Сотниковой была разработана программа расчета газодинамических моделей молодых двойных систем, аналогичная программам Артимовича и Любова. Мною были разработаны вспомогательные программы, которые позволяют перейти от лучевой концентрации пробных частиц к лучевой концентрации реальных пылинок, рассчитать изменение экстинкции с фазой орбитального периода и проанализировать характер вариаций блеска системы в зависимости от ее ориентации в пространстве.

Было рассчитано шесть моделей, в которых варьировались вязкость, характеризуемая скоростью звука в веществе, соотношение масс компонентов, эксцентриситет, наклон диска к наблюдателю и направления луча зрения относительно направления на апоастр. В результате была выявлена зависимость вида фазовой кривой от направления луча зрения в плоскости диска, что отражает асимметричное распределение вещества в СВ диске в системах с эллиптическими орбитами.

Было рассмотрено влияние эксцентриситета, угла наклона луча зрения к плоскости диска и темпа аккреции на вид фазовой кривой. При темпе аккреции порядка 10^{-9} $M_{\odot}$ амплитуда цикла может быть порядка 1^{m}, что сравнимо с амплитудой циклов активности звезд типа UX Ori.

Фурье-анализ показал, что при увеличении массы вторичного компонента в спектре мощности наряду с орбитальным периодом P_1 появляется еще один период P_2. В рассмотренной модели величина этого периода оказалась равной $P_2 = 6\ P_1$. Появление второго периода, как показал анализ, связано с движением волн плотности вблизи внутренней границы диска.

Интересно отметить, что у двух звезд типа UX Ori, у которых на кривых блеска обнаружено два цикла - SV Cep по данным Ростопчина и др. (1999) и CQ Tau Шаховский и др., соотношение между большим и малым циклами оказались близкими к теоретическому значению: 6.1 и 7.5 соответственно. Такое совпадение по порядку величины теоретического и наблюдаемого отношения двух периодов показывает, что рассматриваемая модель имеет хорошие перспективы для обоснования физической картины циклической активности звезд типа UX Ori.

Прогноз максимума 24-го цикла солнечной активности по методу Оля

Кожемякина Анна Вадимовна, Чернышева Дарья Ивановна

Костромской государственный университет имени Н. А. Некрасова

Научный руководитель:
доц. Понявин Д. И., НИИ физики СПбГУ

Метод А. И. Оля основан на тесной статистической связи (r=+0,94) между наименьшим среднегодовым значением индекса Ммин геомагнитной активности в данном 11-летнем цикле солнечной активности и высотой Wм последующего цикла [1]. Мы проверили эту статистическую зависимость на циклах 21, 22 и 23. Линейная регрессия между Ммин и Wм имеет вид:

$$W_м = 1{,}845 \cdot Ммин + 66{,}3 \qquad (1)$$

Индекс М является линейной функцией известного индекса ΣКр: М=10(ΣКр-10). По уравнению линейной регрессии (1) был произведен расчет максимума солнечной активности Wм в следующем 24-м цикле. В результате получена оценка Wм(24)=74. Таким образом, 24-й цикл солнечной активности будет наименьшим за последние сто лет.

[1] А. И. Оль, Г. И. Оль. Новый метод сверхдолгосрочного прогноза солнечной активности, Изв. АН СССР, Серия Физическая, Т. 44, № 12, С.2569-2573, 1980

УДК 524.312, 524.354.2-77

Радиоизлучение и поглощение в зонах Стремгрена сверхновых и звезд ранних спектральных классов

Попова Елена Алексеевна

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., Тараканов П. А., НИ Астрономический институт им. В. В. Соболева СПбГУ

Ранее показано, что величина поглощения и интенсивность излучения в направлении остатков сверхновых определяются зонами HII двух типов. Первый тип – это обширные зоны HII вокруг остатков сверхновых (зоны Стремгрена сверхновых), второй тип – более компактные и яркие зоны HII вокруг звезд ранних спектральных классов. Известна также корреляция между возрастом оболочки сверхновой и относительным вкладом сверхновой и компактных областей HII молодых звезд в величины теплового поглощения и излучения.

В данной работе получены теоретические значения коэффициентов излучения и поглощения в радиодиапазоне для областей HII, ионизированных излучением звезд ранних спектральных классов и излучением сверхновой. Определено изменение коэффициентов поглощения и излучения (в радиодиапазоне) в зоне Стремгрена звезды при появлении внешнего поля излучения – зоны Стремгрена сверхновой.

УДК 52-353

Optical Observations of the Anomalous X-Ray Pulsar 4U 0142+61 with the BTA 6m Telescope

Rodriguez Castillo Guillermo-Andres

Scientific Advisers:
Shivanov Yu. A., Doctor of Sciences, leading Research Scientist at the Department of Mathematical Physics of the Ioffe Physico-Technical Institute

Yakovleva V. A., Candidate of Sciences, Docent at the Department of Astrophysics of the Saint Petersburg State University, Mathematics and Mechanics Faculty

Contrary to common X-ray pulsars, the anomalous x-ray pulsars (AXP) show no signs of companion stars, this excludes the standard accretion-powered model used to explain the x-ray emissions of those pulsars. This and other peculiar characteristics different from normal x-ray pulsars, like monotonic spin-down, a narrow range of periods, very soft x-ray spectra, ultra-strong magnetic fields ($\sim 10^{14}$ G, estimated from P and $\dot{P}$ using magneto-dipole formulas), make AXP an interesting object of study. Specially as they are believed to be magnetars (neutron stars with ultra-strong magnetic fields $\sim 10^{14}$ G). The main goals of this work are an independent optical identification and photometry of a claimed optical counterpart of the AXP 4U 0142+61 and search for its possible long term flux variations, which could have an impact on some AXP models suggested. Recent detections of 4U 0142+61 with the INTEGRAL in hard x-rays allows also to compare the optical data with INTEGRAL fluxes and to compile the spectral energy distribution of this AXP for a considerably wider spectral range, than it was previously possible.

УДК 124.01.03

Система хранения и передачи точного времени на основе GPS/ГЛОНАСС измерений

Смирнов Сергей Сергеевич

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Петров С. Д., кафедра астрономии СПбГУ

Задача службы точного времени состоит в определении, хранении и распространении точного времени. Вторая и третья задачи службы точного времени решаются научно-техническими средствами по созданию часов и соответствующих им по точности средств связи.

Распространение точного времени, в настоящее время, становится возможным через сети передачи данных и Internet. Для передачи точного времени по таким каналам связи существуют специальные серверы времени (NTP серверы). В нашей стране их очень мало, а в Санкт-Петербурге и Ленинградской области нет вообще. В связи с этим была начата разработка собственного NTP сервера.

В результате работ по созданию NTP сервера были изготовлены управляющие платы для GPS модулей, устройство сопряжения частотомера, написано программное обеспечение для сервера, сервер запущен в опытную эксплуатацию в локальной сети Лаборатории астрометрии.

Теоретическая,

математическая

и вычислительная физика

УДК 621.385.623

Кооперативное излучение ансамбля стохастических осцилляторов

Емельянова Наталья Владимировна

Научный руководитель:
д.ф.-м.н, проф. Привезенцев А. П., физический факультет ЧелГУ

Формирование упорядоченных структур в неравновесных ансамблях взаимодействующих нелинейных объектов различной физической природы составляет основу широкого класса явлений и интенсивно исследуется в рамках сформировавшегося в последние десятилетия научного направления, называемого нелинейной динамикой [1, 2]

Целью данной работы является исследование спонтанного формирования коротких импульсов упорядоченного коллективного движения в ансамбле модельных систем, свободное движение которых описывается вероятностным управляющим уравнением и является стохастическим процессом. Формирование таких когерентных структур можно интерпретировать как аналог классического сверхизлучения Дике. В работе рассмотрена модель классической активной среды, представляющая ансамбль стохастических осцилляторов. Исследуемая модельная система (стохастический осциллятор) построена в работе [3] для пояснения механизма формирования сложной динамики виртуального катода, который образуется в интенсивных электронных потоках в режиме сверхкритического тока [4].

Вероятностная динамика стохастического осциллятора является модификацией известной модели случайных блужданий. Параметры модели выбраны таким образом, что рассматриваемый осциллятор представляет модель двухуровневой системы. Осциллятор может находиться в одном из двух состояний: «возбужденном», когда его центр масс совершает флуктуационные колебания вблизи неустойчивого состояния равновесия, и «основном» с флуктуациями вблизи устойчивой стационарной точки. Время жизни возбужденного состояния определяется вероятностным процессом первого перехода центра масс через точку, координата которой является параметром модели. В ансамбле осцилляторов, глобально связанных общим волновым полем, наблюдается процесс синхронизации переходов из возбужденного состояния в основное. Модельные уравнения поля представляют дискретную модификацию известного уравнения Клейна-Гордона.

Создана программа, реализующая механизм спонтанного формирования коротких импульсов. Проведенное исследование показывает, что в рассматриваемой системе формируется когерентный импульс, природа которого аналогична классическому излучению Дике. В проекте использованы основные принципы современного программирования, которые направлены на экономию ресурсов компьютера с одной стороны, а с другой на увеличение скорости выполнения программы

В проекте используется принцип наглядности. Пользователь может наблюдать за процессом из приложения. Изменен пользовательский интерфейс: добавлены пиктограммы и пункты меню. Также реализована простая многозадачность на уровне приложения. За возникновением когерентного импульса можно наблюдать непосредственно из окна приложения. Программа написана в среде Microsoft Visual C++ 6.0. Проект представляет собой Windows-приложение на базе MFC.

[1] Хакен Г. Синергетика. М.:Мир,1980.
[2] Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Едиториал УРСС, 2001.
[3] Корниенко В.Н., Привезенцев А.П. // Изв. РАН Сер. физ. 2002. Т. 66. №12. С. 1773
[4] Привезенцев А.П., Фоменко Г.П. // Известия вузов «Прикладная нелинейная динамика» 1994.Т.2.№5.С.56.

Интегрируемые системы на орбитах простых групп Ли

Рунёв Евгений Валентинович

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Ляховский В. Д., физический факультет СПбГУ

В гамильтоновом формализме часто используется стандартный подход, когда для построения механической системы сначала вводится её гамильтониан, постулируются скобки Пуассона, а уже затем исследуется динамика полученной системы в фазовом пространстве и её интегрируемость. При этом в большинстве рассматриваемых случаев фазовое многообразие является плоским пространством, что резко сужает круг интересных механических систем.

В работе использован другой подход. В его основе лежит метод орбит, он позволяет до конца исследовать вопрос о том, какие механические системы существуют для заданной группы симметрии, а также какие из них представляют реальный физический интерес. Фазовые пространства таких механических систем суть орбиты в коприсоединённом представлении группы Ли. Основной проблемой при использовании этого подхода является классификация возможных орбит, что в случае простой группы Ли может быть сложной задачей.

На примере группы SL(2) проведена полная классификация орбит, построены инвариантные относительно действия SL(2) пуассоновы структуры. Исследованы различные виды гамильтонианов, согласованных с действием группы, а также динамики полученных механических систем. Даже в случае SL(2), где фазовые многообразия двумерны, но являются отнюдь не плоскими пространствами, получаются одномерные механические системы, которые, кроме самостоятельного интереса, являются отправной точкой в исследовании механических систем, «живущих» на орбитах групп Ли более высоких размерностей.

УДК 539.141

Коллективные эффекты в ядро – ядерных соударениях

Святковский Алексей Владимирович

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Браун М. А., зав. каф. физики высоких энергий
и эл. частиц НИИ физики СПбГУ, физический факультет СПбГУ

В настоящее время наблюдается растущий экспериментальный интерес к области рассеяния тяжелых ионов. Это стимулирует интерес к теоретическому выводу инклюзивных сечений продуктов A-B соударений, что представляет особое значение в свете приближающегося запуска LHC.

При изучении ядро-ядерных соударений при высоких энергиях необходимо учитывать множество субъядерных эффектов, вследствие наличия которых ядро-ядерные соударения нельзя рассматривать как суперпозицию нуклон-нуклонных соударений. Среди субъядерных эффектов различают эффекты в начальном состоянии, например: множественные перерассеяния партонов, экранирование партонов и эффекты в конечном состоянии, например куэнчинг.

В данной работе были проведены расчеты инклюзивных сечений рождения минипучков по скейлинговой переменной, в рамках модели Глаубера для рассеяния тяжелых ионов при высоких энергиях, соответствующих режимам на RHIC и LHC , в области применимости пертурбативной КХД, учтен эффект множественных жестких перерассеяний партонов. Рассмотрены два подхода:

1) с учетом КХД субпроцессов с участием только глюонов, рассматривается минипучок смешанного аромата;

2) с учетом всех возможных КХД субпроцессов, рассматриваются минипучки индивидуальных ароматов.

Изучена также фрагментация минипучков в легкие заряженные лептоны.

Оптика и спектроскопия, лазерная физика

УДК 538.958

Аналог эффекта Брюстера при отражении света от опалоподобного фотонного кристалла

Баженова Александра Георгиевна

Научный руководитель:
д.ф.-м.н. Селькин А. В., в.н.с. ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН,
профессор физического факультета СПбГУ

Фотонные кристаллы (ФК) представляют собой пространственно-периодические твердотельные структуры, диэлектрическая проницаемость которых промодулирована с периодом, сравнимым с длиной волны света. Повышенный интерес к таким системам тесно связан с возможностью эффективного управления распространением света внутри фотонно-кристаллических структур и с новыми перспективными приложениями в лазерной технике и оптоэлектронике. С другой стороны, такие структуры являются новыми нетривиальными объектами, позволяющими проводить интересные с научной точки зрения исследования, касающиеся фундаментальных проблем взаимодействия света с конденсированной средой (см., например, [1]).

В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных и теоретических исследований механизмов формирования спектров брэгговского отражения света от трехмерных ФК со структурой кристаллической решетки опала. Основное внимание уделено изучению резонансных (в области фотонных запрещенных зон) спектров брэгговского отражения света от поверхности роста (111) с учетом эффектов поляризации света. В качестве модельных экспериментальных объектов исследования использованы пленки (толщиной порядка 5 мкм) опалоподобных ФК, синтезированные из монодисперсных частиц полистирола (диаметром около 300 нм). Измерения спектров выполнены при разных углах падения света как для s-, так и для p-состояний поляризации. С использованием предложенной нами ранее [2] методики спектрально-оптической характеризации ФК были установлены ориентация образцов относительно кристаллографических направлений и значения основных параметров исследуемых ФК структур (периоды ФК решетки, диаметры шаров, степень их спекания, величина анизотропной деформации вдоль направления седиментации, средняя диэлектрическая постоянная структуры).

В работе показано, что характер изменения спектров с углом падения сильно зависит от состояния поляризации света. Обнаружен эффект полного подавления резонансного брэгговского отражения при наклонном падении p-поляризованного света (фотонно-кристаллический аналог эффекта Брюстера). Экспериментальные спектры сопоставлены с результатами теоретических расчетов, выполненных в модели слоисто-периодической планарной структуры. В приближении [2] двухзонного смешивания блоховских состояний ФК проанализированы условия, при которых возможно наблюдение эффекта. Показано, что полное подавление брэгговского пика отражения наступает при некотором критическом угле падения θ_c, значение которого удовлетворяет условию $\sin^2\theta_c = \varepsilon_0 / 2\varepsilon_v$, где ε_v — диэлектрическая постоянная внешней среды, а ε_0 — средняя диэлектрическая проницаемость ФК. Из приведенного соотношения и более подробного анализа механизмов формирования спектров брэгговского отражения следует вывод о том, что наблюдаемый эффект полного подавления резонансного брэгговского отражения p-поляризованного света определяется спецификой рассеяния света на пространственно-периодической структуре и не может интерпретироваться в рамках френелевской теории эффекта Брюстера. Продемонстрированы новые поляризационно-оптические методы структурной характеризации фотонно-кристаллических пленок.

[1] C. Lypez, *Adv. Matter*., **15**, No.20, 1679-1704, (2003).
[2] А. В. Селькин, А. Ю. Билибин, А. Ю. Меньшикова, Ю. А. Пашков, Н. Н. Шевченко, А. Г. Баженова, *Изв. РАН, сер. физ.*. **69**, №8, 1111-1112 (2005).

УДК: 535.215; 537.535; 537.312

Формирование квантовых электронных состояний в тонких плёнках металлов и их изучение с помощью фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением и применением синхротронного излучения

Виноградов Николай Александрович

Научные руководители:
д.ф.-м.н., проф., в.н.с. Шикин А. М.,
д.ф.-м.н., проф. Адамчук В. К., зав. лаб. физической электроники
НИИ Физики СПбГУ, кафедра электроники твёрдого тела

В современной физике твердого тела исследование структур нанометровых размеров, благодаря их уникальным по сравнению с массивными структурами физико-химическим свойствам, представляет всё больший интерес. В связи с этим встает вопрос о возможных методах получения и характеризации низкоразмерных структур, в которых наблюдаются эффекты модификации электронной структуры в зависимости от размеров, например, эффекты размерного квантования электронной структуры [1, 2].

Типичным примером системы, в которой имеют место эффекты размерного квантования и формирования квантовых электронных состояний, могут быть хорошо упорядоченные тонкие пленки металлов, выращенные на поверхности монокристаллов полупроводников и металлов путём термического напыления.

Целью данной работы является анализ экспериментально полученной толщиной зависимости энергий квантовых электронных состояний в тонких пленках Mg системы Mg/W(110). Последняя интересна в первую очередь тем, что Mg — простой металл (без *d*-электронов), поскольку этот факт позволяет осуществить простую интерпретацию наблюдаемых квантоворазмерных эффектов.

С целью получения детальной информации об изменениях электронной структуры были измерены и проанализированы фотоэлектронные (ФЭ) спектры валентной зоны данной системы. Все эксперименты были выполнены с использованием Российско-Германского канала вывода и монохроматизации синхротронного излучения (СИ) электронного накопителя BESSY II, г. Берлин [3]. ФЭ спектры были измерены с высоким энергетическим разрешением ($\Delta E \sim 0{,}1$ eV) и нормированы на интенсивность падающего излучения и ток в кольце.

Полученные спектры заметно отличаются друг от друга в зависимости от времени напыления плёнки, т. е. толщины плёнки, причём различия в спектрах отражают изменения в электронной структуре системы. Для качественного описания поведения энергетических деталей спектра используется модель потенциального ящика (простой квантовой ямы), а для достижения количественного согласия — наиболее распространённая в настоящее время модель аккумуляции фазы (фазовая модель) [4].

Результаты проведённого исследования свидетельствуют об образовании в тонких плёнках металлов квантовых электронных состояний, дальнейшее исследование которых может сыграть значительную роль в развитии наноэлектроники и спинтроники.

Работа выполнена при поддержке ФЦНТП Роснауки (РИ – 16.0/025/021; Госконтракт №02.438.11.7051) и при сотрудничестве с Российско-Германской лабораторией Берлинского центра синхротронного излучения BESSY.

[1] T.-C. Chiang, Surf. Sci. Rep. **39,** 181 (2000)
[2] A. M. Shikin et al., Phys. Rev. B, **65,** 075403 (2002)
[3] S. I. Fedoseenko et al., *Nucl. Instrum. Methods Phys.Res. A **470**, 84 (2001*).
[4] N. V. Smith, Phys. Rev. B, **32,** 3549 (1985)

УДК 533.6.08

Применение модифицированного метода PIV для измерения поля скоростей

Метельский Константин Евгеньевич

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Анисимов Ю. И., физический факультет СПбГУ

PIV (particle image velocimeter) — метод, позволяющий определять пространственное распределение скоростей потоков. Этот метод основан на измерении относительного смещения частиц во времени по одному или нескольким фотоснимкам. Для подсветки частиц необходим мощный источник света, обычно для этих целей используются импульсные лазеры.

Задача данной работы состоит в определении пространственных скоростных распределений частиц в электродинамической ячейке модифицированным методом PIV. Скорости частиц внутри ячейки невелики — порядка единиц метров в секунду, что позволяет отказаться от применения высокоскоростных видео или фотокамер, а также сложных систем синхронизации импульсов и снимков. Для регистрации мгновенного пространственного поля скоростей сечения потока используется 2D-PIV метод, позволяющий получить поле скоростей сечения потока. В качестве подсветки используется световой нож аргонового лазера, излучение которого модулируется с известной частотой. По длине трека на снимке и длительности импульса подсветки определяется скорость и ускорение частицы. Снимки обрабатывались программным пакетом Adobe Photoshop. Результаты измерений согласуются с данными, полученными с помощью лазерного доплеровского измерителя скорости. Использование двух импульсных лазеров позволяет определять также направление скорости. Преимуществом данного метода является простота конструкции и легкость обработки результатов.

Цифровая обработка сигнала с ЛДИС

Метельский Константин Евгеньевич, Рябчиков Егор Львович

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Анисимов Ю. И., физический факультет СПбГУ

При конструировании и использовании лазерных доплеровских измерителей скорости (ЛДИС) важное место занимает обработка доплеровского сигнала от исследуемого потока.

В данной работе предложен метод компьютерной обработки сигнала от ЛДИС. В качестве объекта исследования выступает электродинамическая ячейка (плоский воздушный конденсатор), в которую насыпаны частицы округлой формы размером несколько десятков микрон. Для измерения их скоростей собран ЛДИС гетеродинирования, построенный по дифференциальной схеме, и работающий в одночастичном режиме. Рассеянный от частицы сигнал, несущий информацию об её скорости, регистрируется с помощью ФЭУ, поступает на компаратор и оцифровывается с помощью быстродействующего АЦП с предысторией. Компаратор вырабатывает сигнал запуска АЦП, когда уровень полезного сигнала превышает уровень фоновых шумов. Использование АЦП с предысторией позволяет регистрировать весь импульс целиком. На этом этапе формируется набор файлов с оцифрованными импульсами.

Дальнейшая обработка оцифрованного сигнала производится с помощью разработанного программного продукта, написанного на языке Java. Хороший сигнал представляет собой полностью модулированный одиночный импульс с плавной огибающей. В реальных условиях неизбежны искажения:

- слабая модуляция (крупная частица, частица пролетает вне измерительной области, либо слишком маленькая частота дискретизации для данной скорости);
- промах, или ложное срабатывание (всплеск фона, принятый компаратором за полезный сигнал);
- пролёт нескольких частиц (как правило, двух) одновременно (возникает сложная модуляция).

Вначале к сигналу применяется быстрое преобразование Фурье, после чего идёт анализ гармоник. Алгоритм позволяет обнаружить ложные срабатывания, также отбрасываются плохо модулированные сигналы и сигналы в случае пролёта нескольких частиц. На выходе получается файл со значениями скоростей, готовый для передачи в программу Origin (для построения гистограммы). В процессе работы программа отбрасывает довольно много измерений, однако это позволяет уменьшить погрешность.

Созданный программный продукт позволяет автоматизировать и существенно упростить процесс измерений с помощью ЛДИСа, освобождая экспериментатора от необходимости ручной обработки данных.

УДК 553.6.071

Интерферометрические исследования параметров плазмы гиперзвуковой струи магнитоплазменного компрессора

Мутин Тимофей Юрьевич

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Машек И. Ч., зав. кафедрой ОФ-1, физический факультет СПбГУ

В последнее время интенсивно ведутся исследования газовых и эрозионных магнитоплазменных компрессоров (МПК) [1, 2]. Широкие возможности использования этих устройств в качестве инструмента физического эксперимента обуславливают необходимость по возможности точного измерения параметров создаваемых в МПК газовых и плазменных потоков.

В данной работе предлагается описание эксперимента по измерению пространственно-временного распределения оптической плотности гиперзвукового потока при помощи плоского интерферометра Фабри—Перо (ИФП). Гиперзвуковой поток частично ионизованного газа генерируется МПК кафедры ОФ-1 физического факультета СПбГУ. ИФП находится в откачиваемой камере таким образом, что компрессионный поток проходит в зоне между зеркалами. Луч гелий-неонового лазера проходит через ИФП и попадает на фотоприёмник, сигнал с которого записывается при помощи АЦП системы КАМАК**.** Лазер и фотоприёмник установлены на подвижных подставках, обеспечивающих плоскопараллельное перемещение луча, остающегося при этом перпендикулярным зеркалам ИФП. Таким образом, достигается возможность сканирования области потока лазерным лучом.

Используемый в эксперименте ИФП состоит из двух плоских зеркал, закреплённых на раме из стальных колец, и инваровых стержней. Одно из зеркал юстируется при помощи винтов, второе закреплено на трёх дистанционно управляемых пьезокерамических актюаторах, что позволяет как плоскопараллельно перемещать это зеркало, настраиваясь на нужную току аппаратной функции перед каждым запуском, так и менять его наклон в пределах минуты дуги. Исследование на стенде аппаратной функции ИФП дало, наряду с формой АФ, значение отражательной резкости ИФП, варьирующееся в пределах 5 – 10.

Представленная схема позволит измерять изменения линейной оптической плотности вещества между зеркалами интерферометра с временным разрешением ~1 мкс и пространственным разрешением ~1 мм. Путём определённых математических преобразований из распределения линейной оптической плотности от расстояния до оси потока можно получить радиальную зависимость оптической плотности вещества потока, из которой, в свою очередь, будут выведены параметры плазмы.

Проведение измерений по схеме, предложенной в данной работе, станет первым шагом в систематическом изучении параметров компрессионного потока МПК при помощи различных методик исследования.

[1] The effect of dense compression plasma flow on silicon surface morphology. V. V. Uglov et. al. Surface and Coatings Technology, 158-159 (2002), p.273-276.
[2] Интерферометрические исследования процессов в квазистационарном сильноточном плазменном ускорителе. С. И. Ананин и др. Физика плазмы, 1998, том 24, №11, с.1003-1009.

УДК 53.086

Сканирующая конфокальная микроскопия

Радаев Антон Владимирович

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Машек И. Ч., физический факультет СПбГУ

Между оптической микроскопией и электронной существует отдельная ниша — лазерная сканирующая конфокальная микроскопия (LSCM). Конфокальная микроскопия имеет ряд преимуществ по сравнению с обычной оптической микроскопией, такие как: снижение фоновых шумов, создание оптических серии оптических срезов на толстых объектах с последующей 3d реконструкцией, возможность детального исследования поверхности. В основе LSCM лежит использование пространственной фильтрации, которая исключает нефокусный свет или затуманенность объекта которая превышает определенную фокусную планку.

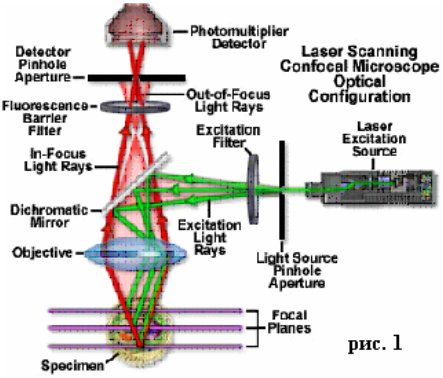


рис. 1

Конфокальный принцип LSCM представлен на рис.1. В качестве источника когерентного света служит лазер, который пропускается через точечное отверстие (диафрагму), расположенную софокусно с точкой объекта, которая будет сканироваться и расположенной во фронтальной плоскости относительно детектора (фотоумножитель). Так как лазер отражается от полупрозрачного зеркала и сканирование происходит поперек объекта, то вторичная флуоресценция, испускаемая объектом, идет обратно через полупрозрачное зеркало и фокусируется в конфокальной плоскости диафрагмы, все, что вне фокуса диафрагма обрезает. Передвигая объект или лазеры, мы можем получить данные о поверхности (сканирование)

Современные конфокальные микроскопы состоят из оптической части, одного или нескольких детекторов (позволяет проводить регистрацию одного или нескольких флюорохромов), компьютера (обработка данных), и нескольких лазеров, комбинированных с селективными устройствами и сканером.

LSCM нашла широкое применение в клеточной, молекулярной и тканевой биологии в последние годы.

Лазерная диагностика скоростных распределений в электродинамических дисперсных системах

Рябчиков Егор Львович

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Анисимов Ю. И., физический факультет СПбГУ

Целью данной работы является исследование скоростных характеристик пылевых частиц в электродинамической ячейке.

Для оценки скоростей была построена модель поведения частиц в ячейке. В модели рассматривается пролёт частиц в вакууме и воздухе при малых концентрациях. Учтено влияние гравитации, материала электродов и вида частиц на их скорость. Построены теоретические графики зависимостей скоростей частиц от параметров.

Исходя из оценок диапазона скоростей частиц, полученных по модели, создан компактный лазерный доплеровский измеритель скорости (ЛДИС) на лазерном диодном модуле, работающий по дифференциальной схеме гетеродинирования. Сигнал от отдельной частицы по световоду поступает на ФЭУ, затем на компараторный модуль и плату АЦП. Благодаря использованию полупроводникового лазера и световода, оптическая часть ЛДИС получается довольно малых размеров и может использоваться под вакуумным колпаком. После ввода в компьютер оцифрованный сигнал обрабатывается специально написанной программой, выдающей значение скорости каждой частицы.

Применение компьютерных средств позволило улучшить характеристики прибора, упростить и автоматизировать проведение измерений.

Физика твёрдого тела, новые материалы

УДК 537.635

ЯМР ^{59}Co в некоторых кобальт-содержащих нанокомпозитах

Акатьев Никита Геннадьевич, Пичкин Дмитрий Сергеевич

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Матвеев В. В., физический факультет СПбГУ

В работе проведено исследование ряда нанокомпозитов, содержащих кластеры кобальта в матрицах полиэтилена, тефлона, наноалмазов и т.п. Использован метод ядерного магнитного резонанса на ядре кобальта-59 в нулевом внешнем магнитном поле (метод спинового эха). Материалы для исследования были синтезированы методом термического разложения в Лаборатории химии наноматериалов Института общей и неорганической химии РАН. Все спектры получены при температуре 77 К. В большинстве образцов сигнал представлял собой одиночную симметричную линию, хорошо аппроксимируемую функцией Гаусса. Положение центра линии соответствовало гексагональной кристаллической структуре (ГПУ) металлического кобальта, независимо от типа матрицы. Ширина линий была значительно меньше, чем для сходных нанокомпозитов в цеолите и силикагеле. Больше того, ширина этих линий оказалась даже меньше, чем для гранецентрированной решетки (ГЦК) металлического кобальта в некоторых кобальт-содержащих мультислоях.

Однако в некоторых нанокомпозитах сигнал кобальта-59 не был обнаружен, несмотря на содержание кобальта в образце. Это явление может быть связано с несколько различающимися условиями синтеза разных образцов. Следовательно, параметры сигнала спинового эха кобальта-59 могут быть использованы для контроля и оптимизации условий синтеза нанокомпозитов с определенными свойствами.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 05-03-32902.

УДК 538.975

Влияние предадсорбции Cu на формирование работы выхода системы Gd/W(023)

Байо Ибраима

Научный руководитель:
ст. науч. сотр. Шакирова С. А., НИИ физики СПбГУ

Методом автоэмиссионной микроскопии исследована адсорбция атомов Gd на ступенчатой грани (023) монокристалла W и на предадсорбированных покрытиях Cu различной толщины с целью изменения химической природы подложки на формирование работы выхода (φ) пленок Gd. Измерения проводили в отпаянном автоэлектронном микроскопе с зондовым отверстием в условиях сверхвысокого вакуума (~10^{-11} мм. рт ст. по активным компонентам остаточных газов). В качестве адсорбатов использовали дистиллят гадолиния (чистота 99.96%) и высокочистую медь (чистота 99.99%). Предадсорбированное покрытие Cu (u_{Cu}) изменялось в пределах от долей монослоя (МС) до ~ 2 МС. Количество осажденных атомов Gd сохранялось неизменным во всех экспериментах и составляло покрытие u_{Gd} ~ 1.5 МС. Адсорбцию атомов Cu и Gd и измерения работы выхода проводили при комнатной температуре подложки.

Сравнение зависимостей $\varphi(u_{Gd})$ для чистой грани W(023) и покрытой предадсорбированными слоями Cu показало, что с увеличением количества предадсорбированных атомов Cu наблюдается постепенная трансформация зависимости $\varphi(u_{Gd})$ от ярко выраженной немонотонной к сугубо монотонной. Если для чистой подложки характерно проявление минимума, максимума и выхода кривой $\varphi(u_{Gd})$ на плато, то по мере заполнения адсорбционных центров грани W(023) атомами Cu изменение химической природы и, несомненно, потенциального рельефа последней приводит к плавному уменьшению работы выхода адсистемы с выходом на насыщение. Полное исчезновение особенностей кривой $\varphi(u_{Gd})$, присутствие которых, безусловно, свидетельствует о довольно сильной адсорбционной связи адатомов Gd с чистой поверхностью W(023) и частично покрытой Cu происходит при покрытии u_{Cu} ~ 0.5 МС. Такого покрытия Cu оказывается достаточным для существенного ослабления адсорбционной связи атомов Gd с модифицированной подложкой.

Анализируя кривую $\varphi(u_{Gd})$, полученную на покрытии Cu, полностью экранирующем подложку ($u_{Cu} \geq 1$ МС), можно утверждать, что на таком покрытии изменяется механизм роста пленки Gd с послойного (механизм Ван-дер-Мерве) на образование трехмерных кристаллитов на монослойном покрытии Gd (механизм Странского-Крастанова). О смене механизма свидетельствует большой разброс точек измеренной работы выхода после выхода кривой $\varphi(u_{Gd})$ на насыщение.

УДК 538.975

Зависимость величнны дипольного момента адатомов Gd от толщины предадсорбированного слоя Cu на отдельных гранях монокристалла вольфрама

Байо Ибраима

Научный руководитель:
ст. науч. сотр. Шакирова С. А., НИИ физики СПбГУ

Используя начальные участки зависимостей изменения работы выхода φ от концентрации атомов Gd (n_{Gd}), измеренные на чистых гранях (112), (113) и (023) монокристалла W и покрытых предадсорбированными субмонослойными и монослойными слоями Cu, и уравнение Гельмгольца $\Delta\varphi = 4\pi np e$ (где $\Delta\varphi$ — изменение работы выхода, n — концентрация атомов Gd, ответственная за это изменение работы выхода, p — дипольный момент атома, e — заряд электрона), рассчитаны значения дипольного момента адатомов Gd в пределе нулевого покрытия. Величины дипольных моментов адатомов Gd на начальном этапе конденсации Gd (при $n_{Gd} \rightarrow 0$) характеризуют меру взаимодействия одиночных атомов Gd с подложкой, когда латеральное взаимодействие между ними отсутствует.

На всех исследованных гранях W величина дипольного момента адатома Gd уменьшается по мере увеличения покрытия Cu вплоть до монослойного от 2.3 D для чистой грани (112)W до 0.9 D при почти монослойном покрытии ее атомами Cu и от 1.9 D для чистых граней (113) и (023)W до 0.9 D, соответственно. Обращает на себя внимание, что конечная величина дипольного момента адатома Gd одинакова ($p \approx 0.9$ D) независимо от грани W, что, возможно, связано с аморфностью образованных слоев Cu на каждой из них.

Измерения проводились в отпаянном автоэлектронном микроскопе с зондовым отверстием в условиях сверхвысокого вакуума (~10^{-11} мм. рт ст. по активным компонентам остаточных газов). В качестве адсорбатов использовали дистиллят гадолиния (чистота 99.96%) и высокочистую медь (чистота 99.99%). Толщина предадсорбированного слоя Cu изменялась от долей монослоя (МС) до ~1.5 МС. Количество осажденных атомов Gd во всех экспериментах соответствовало покрытию в 1.5-2 МС. Все измерения проводили при температуре подложки T = 77 K.

УДК: 538.958, 544.478.1

Фотокаталитическая реакция (CO+NO) + hн = CO_2 + 1/2N_2 на TiO_{2-x} при облучении в видимой области спектра

Белоглазова Светлана Владимировна

Научные руководители:
м.н.с. Михайлов Р. В., НИИ физики им В. А. Фока СПбГУ,
д.ф.-м.н., проф. Лисаченко А. А., зав. сектором НИИ физики им. В. А. Фока СПбГУ

В работе исследовали возможность применения собственных дефектов диоксида титана TiO_2 Degussa P25, поглощающих в видимой области спектра [1], для проведения фотокаталитической реакции (CO+NO)/TiO_{2-x} + $h\nu_{VIS}$ = CO_2 + 1/2N_2.

Исследовали порошок TiO_2 (Degussa P-25, S=50 $м^2$/г). Состав газовой фазы в реакторе контролировали с помощью масс-спектрометра АПДМ-1. Засветку образца проводили с помощью ртутной лампы ДРТ-120 с водяным фильтром и стандартным набором светофильтров ЛОМО. Для разделения реагентов и продуктов реакции использовали изотопообогащенную смесь ^{13}CO и ^{14}NO. Состав и количество адсорбированного слоя анализировали методом ТДС. Реакции проводили на предварительно прогретом до 700 К в вакууме («восстановленном») образце в диапазоне давлений 0,1 — 0,7 Торр.

На рис. 1 показана кинетика реакции (CO+NO)/TiO_{2-x} + hн = CO_2 + 1/2 N_2 при облучении в области несобственного поглощения TiO_2. Реакцию можно условно разделить на две стадии: первая включает в себя фотоадсорбцию NO и выделение N_2 и N_2O в небольших количествах; вторая – поглощение CO и N_2O, и выделение N_2 (рис.1). Второй продукт реакции — CO_2 — остается на поверхности и десорбируется при нагреве образца до 450К. Поглощение NO на первой стадии не зависит от наличия CO в газовой фазе, тогда как на второй стадии для производства N_2 присутствие CO необходимо (рис. 2). Оценка отношения количества переработанных молекул к количеству поверхностных центров дает величину, превышающую 4.

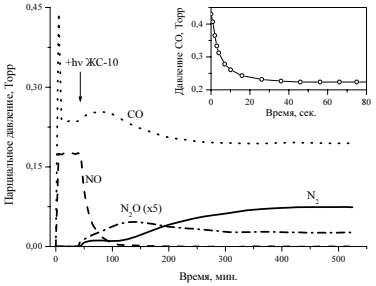


Рис. 1. Кинетика реакции CO+NO на TiO_2 при облучении в области несобственного поглощения. На врезке: кинетика темновой адсорбции CO на TiO_2 в момент напуска.

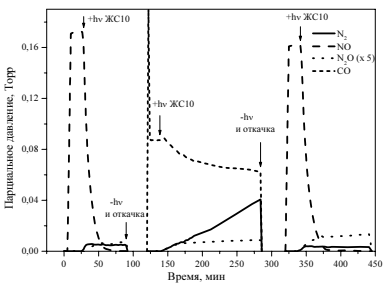


Рис. 2. Кинетика реакции с участием CO и выделением N_2 после предварительной фотоадсорбции NO.

[1] Лисаченко А. А., Кузнецов В. Н., Захаров М. Н., Михайлов Р. В.// Кинетика и катализ, Т. 45, № 2, 2004, стр. 205-213.

УДК 544.147.5

$2T_{2g}$ резонанс формы в спектрах фотоэмисси из свободных молекулярных кластеров SF_6 вблизи S 2p порога ионизации

Брыкалова Ксения Олеговна

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Павлычев А. А., СПбГУ

Резонансы формы и многоэлектронные возбуждения определяют спектральную зависимость сечения фотопоглощения и фотоэмиссии из внутренних оболочек молекул, кластеров и твердых тел. Резонанс формы — сложный процесс, который связан с временным захватом фотоэлектрона, образовавшегося в результате ионизации внутренней электронной оболочки, потенциальным барьером конечных размеров и последующим туннелированием фотоэлектрона сквозь этот барьер. В настоящее время резонансы формы детально изучены в спектрах фотоэмиссии из внутренних оболочек простых молекул, таких как N_2, CO, CO_2 и SF_6. Большой интерес представляют исследования явления резонанса формы в ван-дер-ваальсовых системах. Изучение свободных молекулярных кластеров позволяет установить взаимосвязь фотоэмиссии из внутренних электронных оболочек молекул и твердых тел.

Детальные исследования формирования $2t_{2g}$ резонансов формы в спектрах фотоэмиссии из молекулярных кластеров SF_6 проведены в работе [1]. Для описания $2t_{2g}$ резонанса формы в кластере была предложена модель двойного потенциального барьера. В рамках предложенной модели проведены расчеты спектральных зависимостей сечений фотоионизации свободной молекулы SF_6 и молекулярного кластера SF_6 вблизи S 2p края непрерывного поглощения. Полученные результаты [1] позволяют полностью объяснить сходство экспериментальных спектров поглощения свободной молекулы и молекулярных кластеров. Однако, $2t_{2g}$ резонанс формы в теоретических спектрах как молекулы, так и кластера оказывается более узким по сравнению с наблюдаемым резонансом.

В данной работе проведен анализ молекулярных механизмов, приводящих к уширению $2t_{2g}$ резонанса формы. Основное внимание обращено на механизмы, связанные с колебательным возбуждением молекулы и возбуждением ее валентных электронов при удалении электрона из S 2p оболочки. Обнаружение $2t_{2g}$ резонанса в экспериментальных спектрах выхода отрицательных ионов F^-, S^- и SF^- при распаде S 2p возбужденной молекулы SF_6 [2] убедительно свидетельствуют о существенной роли механизма, связанного с влиянием многоэлектронных возбуждений, на формирование резонанса формы в спектрах ионизации.

Для описания данного механизма используется модель оптического потенциала с мнимой частью, которая отвечает за энергетические потери фотоэлектрона при прохождении области внутреннего потенциального барьера [3]. Проведенные в данной работе расчеты указывают на заметное влияние канала неупругого рассеяния на сечение однодырочной ($S\ 2p^{-1}$) ионизации молекулы SF_6 вблизи t_{2g} резонанса формы. Результаты расчетов показывают, что, в полном согласии с экспериментальными данными, указанный механизм ведет к заметному увеличению ширины $2T_{2g}$ резонанса формы в S 2p спектрах фотоионизации молекулы и молекулярных кластеров SF_6. В работе обсуждается влияние внешнего потенциального барьера на взаимодействие упругих и неупругих каналов эмиссии S 2p-электронов из возбужденной молекулы.

[1] A. A. Pavlychev, X. O. Brykalova, R. Flesch, E. Ruehl, *Phys. Chem Chem. Phys.* 8 (2006) 1914
[2] S. W. Scully, R. A. Mackie, R. Browning, K. F. Dunn, C. J. Latimer, *J. Phys. B* 35 (2002) 2703
[3] A. A. Pavlychev, *J. Phys. B* 32 (1999) 2077

УДК 531

Исследование физико-механических свойств циркония, насыщенного водородом

Ган Анна Константиновна

Научный руководитель:
д.ф.-м.н. Черданцев Ю. П., ТПУ, ЕНМФ

Водород оказывает существенное влияние на физико-механические свойства металлов и сплавов [1]. Исключить его проникновение в металлы не удается из-за большого содержания водорода в атмосфере и водной среде. Как правило, для улучшения механических характеристик используют не чистый цирконий, а сплавы на его основе [2]. В настоящей работе на установке "CSEM Micro Scratch Tester" с применением наноиндентирования изучены механические свойства насыщенных водородом приповерхностных слоев сплава циркония. Исследования проведены в Научно-исследовательском институте ядерной физики при ТПУ г. Томск.

Рис. 1. Исходный образец (x200)

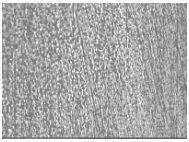


Рис. 2. Образец, наводороженный в течение 2 часов (x200)

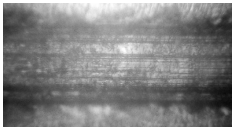


Рис. 3. Исходный образец

Рис. 4. Насыщение 2 часа

Для исследования были подготовлены образцы циркониевого сплава марки Э125. Образцы были механически полированы, для снятия внутренних напряжений их отжигали в вакууме (10^{-5} Па) с последующим охлаждением в печи. Затем образцы насыщали водородом из 1М раствора $LiOH+H_2O$ при плотности тока 0,1 А/см^2. В измерительной установке реализуется т.н. методика "царапанья". На поверхности специальным индентором постоянной скоростью наносится царапина. Причем, во время процесса на индентор действует линейно-возрастающая сила. На рис. 1, 2 показаны микрофотографии исходного и наводороженного образца при увеличение 200. На рисунке видно, что водород на образце образует много микродефектов, что на наш взгляд связано с образованием гибридной пленки.

Из рисунка видно, что поверхность образца после наводораживании становится более шероховатой. Результаты измерения показали, что при наводораживании существенно меняются механические свойства приповерхностной области циркониевого сплава. На поверхности впадины, образованной при движении наноиндентора (рис. 4) появляются трещины, перпендикулярные направлению движения индентора. Характер разрушения поверхности металла указывает на то, что материал склонен к хрупкой деформации.

Показано, что методика наноиндентирования имеет высокую эффективность при изучении механических свойств приповерхностных слоев циркония, насыщенного водородом. Установлено, что после наводороживания циркониевый сплав становится более хрупким.

[1] Никитенков Н. Н. и др. Исследования накопления водорода в циркониевом сплаве методом термостимулированного газовыделения //Известия Томского политехнического университета. Томск: ТПУ, 2006- т. 309, - № 4. - с. 52-55

[2] Ган А. К. Влияние водорода на физико-механические свойства циркония // Материалы 12-ой Международной практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Современные техника и технологии. Томск: ТПУ, 27-30 марта 2006г. – с. –382

УДК 531

Расчет параметров высокочастотного емкостного разряда распылительной системы для синтеза кальций-фосфатных пленок

Ермолович Игорь Михайлович

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Пичугин В. Ф., зав. каф. ТиЭФ, Томский политехнический университет

Проблема нанесения биосовместимых покрытий на материалы медицинских имплантатов является весьма актуальной. Существует несколько методов нанесения подобного рода покрытий: термическое испарение, микродуговой метод, лазерное распыление, физическое и химическое осаждение покрытий из пара, ионно-плазменное напыление.

Большинство методов не обеспечивают получение покрытий с требуемыми свойствами. Это низкий уровень адгезии, сложность контроля состава покрытий и другие.

Предварительные исследования свойств кальций-фосфатных (Ca-P) покрытий, нанесенных методом магнетронного распыления мишени из гидроксиапатита, показали перспективность использования ВЧ-магнетронного напыления для получения покрытий с высокими значениями адгезии и составом, практически совпадающим с материалом мишени для распыления. В качестве материала для распыления в основном используют гидроксиапатит, так как он является основным неорганическим компонентом костной ткани.

Целью работы является разработка высоковольтной установки для нанесения Ca-P-покрытий, в которой реализован принцип ВЧ-магнетронного распыления (частота ВЧ-генератора 5,28 МГц), позволяющий получить тонкие Ca-P-пленки.

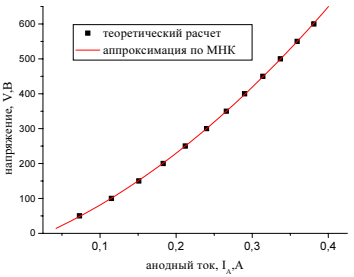


Рис.3. *Вольт-амперная характеристика.*

Для увеличения эффективности процесса напыления был спроектирован магнетрон, который позволит увеличить концентрацию носителей заряженных частиц в области мишени и, тем самым, увеличить скорость формирования покрытия.

Важнейшими параметрами высокочастотного емкостного разряда низкого давления является его вольтамперная характеристика (ВАХ) и частотные характеристики параметров разряда. Расчет ВАХ высокочастотного емкостного разряда возможен решением уравнения Шоттки для положительного столба тлеющего разряда [2]. В работе [1] предлагается более простой и удобный метод, основанный на знании экспериментальной зависимости E/p, где E — напряженность постоянного электрического поля, равного эффективному.

На рис. 1 представлена ВАХ, рассчитанная по формуле $j \approx \omega U_a / 4\pi d$, где $\omega = 0.33 * 10^8 c^{-1}$, U_a — анодное напряжение, d — толщина приэлектродных слоёв пространственного разряда.

Автор благодарит своего научного руководителя профессора В. Ф. Пичугина за постоянную поддержку и внимание.

[1] Райзер Ю. П., Шнейдер М. Н. Причинные связи в высокочастотном емкостном разряде низкого давления и простое вычисление его параметров // Письма в ЖТФ, 1994, т. 20, вып. 19, с. 91-95.
[2] Райзер Ю. П. Физика газового разряда. М., 1992

УДК 531

Исследование тонких кальций-фосфатных покрытий методом резерфордовского обратного рассеяния

Ешенко Е. В., Рябцева М. А.

Katia_85@mail.ru

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Пичугин В.Ф., зав. каф. ТиЭФ, ЕНМФ, ТПУ

В настоящее время активно ведутся исследования в области бионеорганических материалов на базе фосфатов кальция $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, которые относятся к группе естественных метаболитов кости. Гидроксиапатит является наиболее используемым материалом в силу своей высокой биосовместимости, в котором отношение содержания кальция к фосфору C_{Ca}/ C_P=1,67. Это отношение является важным параметром, определяющим биологические свойства материала.

Целью настоящей работы является исследование методом резерфордовского обратного рассеяния (РОР) элементного состава тонких кальций-фосфатных пленок, полученных из плазмы высокочастотного магнетронного разряда.

В качестве подложек для осаждения покрытий использовался технически чистый титан ВТ1-0. Кальций-фосфатные покрытия наносились методом высокочастотного магнетронного распыления [1] на установке "Катод 1М" при частоте ВЧ генератора — 13,56 МГц.

Исследования проводились на ускорителе ФГНУ "НИИ Ядерной физики" (Томск) ЭСГ-2,5 МэВ.

В качестве анализирующего пучка был использован $_4He$ с энергией 1.7 МэВ, при угле рассеяния $t=175^O$ и полном энергетическом разрешении спектрометра < 11 кэВ. Профили концентрации элементов, содержащихся в покрытии, их распределение извлекались из энергетических спектров РОР машинным моделированием.

Результаты исследования показывают наличие Ca, P и O в покрытии. Среднее содержание элементов по глубине: Ca — 45,4 ± 1,1 ат%, P — 13,6 ± 0,5 ат%, O — 41,1 ± 0,7 ат%, концентрация элементов по глубине покрытия практически постоянна. При сканировании пленки анализирующим пучком, в спектрах обратного рассеяния на некоторых образцах наблюдается выход титана на поверхность пленок, что свидетельствует о том, что покрытия, толщиной менее 200 нм оказались не сплошными. Отношение содержания кальция к фосфору C_{Ca}/C_P зависит от режимов напыления и варьируется в интервале 1,7 — 4,0 [2].

Исследования показали, что метод РОР является весьма информативным при анализе тонких биосовместимых кальций-фосфатных покрытий.

Автор благодарит своего научного руководителя д.ф.-м.н., профессора В.Ф. Пичугина за постановку задачи, а также В.В. Сохореву за помощь в проведении экспериментов.

[1] Pichugin V. F., Bulycheva A. A., Tverdokhlebov S. I., Surmenev R. A.,Khlusov I. A., Sohoreva V. V., Volova T. G., Shishatskaya E. I. Deposition of calcium-phosphate layers on the materials of medical implants by magnetron sputtering //Abstracts of 7th Essen Symposium of Fundamentals and Clinical Applications - Essen, 6-8 october, 2004. - Essen: 2004. - c. 150.
[2] Y. Fu, Y. Du, S. Zhang. Adhesion and interfacial structure of magnetron sputtered TiNi films on Si/SiO2 substrate, Thin Solid Films, pp. 85-90, 2003.

УДК: 537.531:535.34-32

Исследование электронной структуры фталоцианина никеля NiPc методами рентгеновской абсорбционной и резонансной фотоэмиссионной спектроскопии

Зверев Дмитрий Александрович

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Виноградов А. С., физический факультет СПбГУ

Фталоцианины металлов представляют собой интересный и практически важный класс органических молекулярных кристаллов, обладающих полупроводниковыми свойствами. Особенно важная роль в современных технологиях принадлежит фталоцианинам, содержащим атомы металлов первого переходного периода — уже в течение многих лет эти вещества широко используются в качестве красителей и катализаторов [1]. Центральная часть макрокольца фталоцианина, включающая атом металла и атомы его ближайшего окружения считается его наиболее реактивной частью. Занятые и свободные 3*d*-электронные состояния атома металла ответственны за уникальные свойства фталоцианинов атомов первого переходного периода [2].

Целью работы было исследование электронной структуры фталоцианина никеля методами рентгеновской абсорбционной и фотоэмиссионной спектроскопии высокого разрешения. Для измерений использовались тонкие слои фталоцианина никеля, приготовленные путём термического испарения порошка фталоцианина из кварцевого тигля на пластинку из поликристаллической меди. Все измерения были выполнены с использованием Российско-Германского канала синхротронного излучения накопителя BESSY (г. Берлин) [3]. Ближняя тонкая структура рентгеновских спектров поглощения атомов никеля и азота измерялась путём регистрации в области Ni2*p*- и N1*s*-краёв поглощения спектральной зависимости полного электронного выхода из образца при изменении энергии падающих квантов. Спектры валентной фотоэмиссии измерялись с использованием электронного анализатора в режиме регистрации нормальной интегральной фотоэмиссии.

На основе сравнительного анализа тонкой структуры N1*s*- и Ni2*p*-спектров поглощения было получено, что среди свободных состояний фталоцианина никеля, связанных с атомными Ni3*d*-состояниями, низшая незанятая молекулярная орбиталь (МО) построена в основном из Ni3*d*-состояний, тогда как следующие МО представляют гибридизированные Ni3*d* – N2*p*-состояния. При изучении спектров фотоэмиссии для занятых электронных состояний вблизи уровня Ферми было выявлено резонансное усиление фотоэмиссионного сигнала при изменении энергии возбуждающих квантов в области основного абсорбционного Ni2*p* –> 3*d* резонанса, что является свидетельством высокого вклада Ni3*d*-состояний в заполненные электронные состояния соответствующей валентной подзоны. Выполненный анализ спектров поглощения и фотоэмиссии фталоцианина никеля однозначно свидетельствует о том, что атом никеля достаточно сильно взаимодействует с пиррольными атомами азота и потому традиционное рассмотрение фталоцианинового макроцикла как нейтральной матрицы не является достаточно корректным.

Работа выполнена при поддержке ФЦНТП Роснауки (РИ – 16.0/025/021; Госконтракт №02.438.11.7051), РФФИ (грант № 06-02-16998) и при сотрудничестве с Российско-Германской лабораторией Берлинского центра синхротронного излучения BESSY.

[1] C. C. Leznoff, A. B. P. Lever, *Phthalocyanines, Properties and Applications.* Vol. 3, VCH Publishers, Inc., NY, 1993.
[2] A. S. Vinogradov, A. B. Preobrajenski, D. A. Zverev, et al., *BESSY Annual Report 2004, p.201*
[3] S. I. Fedoseenko, I. E. Iossifov, S. A. Gorovikov, J.-H. Schmidt, R. Follath, S. L. Molodtsov, V. K. Adamchuk and G. Kaindl, *Nucl. Instrum. Methods Phys.Res. A **470**, 84 (2001*)

Исследование электронной структуры ближнего порядка в твердых телах

Зданчук Елизавета Викторовна

Научный руководитель:
д.ф.-м.н. Шулаков А. С., НИИ Физики СПбГУ

Хорошо известно, что физические и химические свойства твердых тел определяются электронным строением их валентной зоны. Поэтому получение информации об электронной структуре твердотельных материалов имеет фундаментальное значение для развития наших представлений о формировании их физико-химических свойств.

Наиболее информативными методами экспериментального изучения строения валентных зон по всей их протяженности являются методы фотоэлектронной и рентгеновской спектроскопии. Форма рентгеновских эмиссионных полос содержит информацию об энергетическом распределении локальных парциальных плотностей состояний валентной зоны твердых тел.

Существует большой набор методов теоретического исследования этой проблемы, основанных на различных допущениях и приближениях, так как задача в принципе не имеет точного квантовомеханического решения. Одними из наиболее эффективных современных методов расчета электронной структуры являются методы теории функционалов плотности.

При формировании соединений происходит, сопровождающая образование новых химических связей, перестройка электронной структуры чистых элементов, входящих в их состав, а также пространственное перераспределение электронной плотности между атомами (электронный перенос). Электронный перенос и эффективные заряды атомов имеют фундаментальное значение в физической химии для описания протекания реакций и химических связей.

В данной работе выполнено совместное экспериментальное и теоретическое исследование электронной структуры валентных зон металлического магния и его соединений MgH_2 и MgO. Экспериментальное исследование строения валентных зон проводится по анализу формы $L_{2,3}(2p)$ ультрамягких рентгеновских эмиссионных полос магния, а теоретическое — по данным расчета энергетического распределения полных и парциальных плотностей электронных состояний валентной зоны.

На выбор объектов исследования оказало влияние то обстоятельство, что $L_{2,3}$ рентгеновские эмиссионные полосы магния, расположенные в области ультрамягкого рентгеновского излучения, сравнительно слабо изучены из-за экспериментальных сложностей работы в этом спектральном диапазоне. Кроме того, в непосредственной близости от эмиссионной полосы магния расположена внутренняя $2s - 2p_{1/2,3/2}$ линия, которая использовалась в качестве внутреннего стандарта для оценки абсолютных интенсивностей полос, непосредственно связанных с заселенностью состояний магния. Такая постановка эксперимента позволила намного увеличить его информативность.

Сравнительный анализ экспериментальных и теоретических данных позволил выявить возможности и преимущества совместного использования методов и закономерности электронного строения магния и его соединений.

УДК 539.143.43

Реализация метода ЯМР измерения коэффициентов самодиффузии с использованием импульсного градиента магнитного поля

Иевлев Александр Вячеславович

Научный руководитель:
Чернышев Ю. С., зав. лаб. кафедры КМЯ НИИ физики СПбГУ

Метод Импульсного Градиента Магнитного Поля (ИГМП) позволяет существенно расширить диапазон измерения коэффициентов самодиффузии. За счет того, что градиент магнитного поля в этом методе действует кратковременно и отсутствует во время регистрации полезного сигнала, можно заметно увеличивать значения градиента (чего нельзя делать при использовании стационарного градиента).

В данной работе метод ИГМП реализован следующим образом. Для имеющегося в наличии ЯМР спектрометра «ЭХО-12» сконструирован ряд дополнительных блоков: импульсный стабилизатор тока, квадрупольные градиентные катушки, размещённые в датчике с приёмно-передающей катушкой. Достигнуты следующие значения градиента $G = 0 \div 540$ Гс/см. Кроме того, сделана система термостабилизации образца.

Ниже приведён пример измерения коэффициента самодиффузии воды при температуре 54 ˚C, из формулы $A\{2\tau\} = A\{0\}\exp[-\gamma^2 g^2 D\delta^2(\Delta-\delta/3)]$, предварительно прологарифмировав, получим уравнение прямой, из коэффициента наклона которой можем найти коэффициент самодиффузии D. Экспериментальное значение $D_{ex} = (4{,}53 \pm 0{,}32) \cdot 10^{-5}$ см^2/с, что хорошо согласуется с табличными данными: $D_{tab} = 4{,}29 \cdot 10^{-5}$ см^2/с.

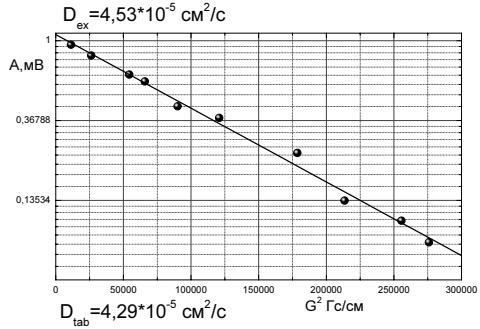


Рис. 1. Зависимость амплитуды спинового эха от величины квадрата импульсного градиента магнитного поля.

УДК 531

Исследование механических свойств тонких биосовместимых кальций-фосфатных покрытий, сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления

Козельская Анна Ивановна

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Пичугин В. Ф., зав. каф. ТиЭФ, Томский политехнический университет

В работе приведены экспериментальные результаты применения метода динамического наноиндентирования для исследования комплекса механических свойств тонких (толщина от 0,09 мкм до 2,7 мкм) кальций-фосфатных покрытий. Кальций-фосфатные (Ca-P) покрытия были сформированы методом ВЧ-магнетронного напыления на установке “Катод 1М” (рабочая частота 13,56 МГц) [1] . В качестве материала подложки использовался технически чистый титан ВТ1-0. Перед напылением покрытий образцы (площадью 1×1 $см^2$) полировались механически, а затем электрохимически до 10 класса шероховатости по R_a. Морфология покрытий исследовалась методом растровой электронной микроскопии (электронный микроскоп "ESEM — Quanta 400 FEG"). Нанотвердость (H), модуль Юнга (E), контактная жесткость (S) определялись по результатам обработки данных, полученных методом динамического наноиндентировании на приборе “Nano Hardness Tester”.

Исследования морфологии покрытий методом растровой электронной микроскопии показали, что с увеличением времени распыления рельеф магнетронных Ca-P покрытий становится более выраженным. Формирование и рост покрытия идет за счет образования островков и последующего их роста в результате коалесценции. Структура поверхности полученных Ca-P покрытий чешуйчатая, покрытие однородное, плотное, не содержит видимых дефектов, пор и микротрещин по всей площади.

Была установлена зависимость шероховатости поверхности Ca-P покрытия от его толщины. С ростом толщины покрытия шероховатость увеличивается. Форма кривых нагрузка – смещение показывает, что характер деформации покрытия упруго-пластический, т.е. после снятия нагрузки происходит релаксация энергии, накопленной в процессе упругопластической деформации. Однако для некоторых образов на кривых нагрузка — смещение появляются участки микроползучести, которые связаны, возможно, с существованием микропор. Нанотвердость определялась по методу Оливера и Фарра [2]. На каждом образце сделано по восемь индентирований. Согласно проведенным измерениям среднее значение нанотвердости титана ВТ1-0 составляет величину 2200±300 МПа. Величина нанотвердости Ca-P покрытий (от 4700±800 до 13000±1200 МПа) и модуля Юнга (от 100±20 до 140±10 ГПа) выше, чем титановой подложки. Полученная величина модуля Юнга магнетронных покрытий выше аналогичного показателя чистого титана при комнатной температуре. Для пленок толщиной меньшей 500 нм, на величину H и E оказывает влияние материал подложки. С увеличением глубины проникновения индентера, имеет место «размерный эффект».

Автор благодарит с.н.с. научно-исследовательского института ядерной физики Томского политехнического университета И. А. Шулепова за помощь в работе, а также своего научного руководителя профессора В. Ф. Пичугина за постоянную поддержку и внимание.

[1] В. Ф. Пичугин, Н. Н. Никитенков, И. А. Шулепов и др., Получение кальций фосфатных биосовместимых покрытий методом магнетронного распыления и их свойства, Поверхность, Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2006, №7, с. 72-77
[2] S. Vercaigne, JGC Wolke, N. Jansen. A mechanical evaluation of TiO2 – gritblasted and Ca-P magnetron sputter coated implants placed into the trabecular bone of the goat: part 1 , Clinic. Oral. Imp. Res, 11, 305 - 313, 2000.

УДК 537.9

Изучение ориентации молекул воды в природных кристаллах берилла методом ЯМР

Козырев Анатолий Николаевич

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Касперович В. С., физический факультет СПбГУ

Давно известно, что физические свойства кристаллов зависят от состава и распределения микропримесей в структуре твердого раствора. Наибольший интерес представляют природные соединения, содержащие большое число микропримесей. Например, кристаллы берилла могут содержать до 21 элемента периодической системы Менделеева, в том числе и воду. Изучение состава микропримесей представляет огромный интерес для геологии и физики твердого тела. Зависимость между составом микропримесей и генетическим типом кристалла может являться типоморфным признаком месторождения и может выявить процессы, происходящие на месторождении после его образования.

Целью данной работы является определение расположения молекул воды в кристаллической решетке берилла и их подвижности.

Метод ЯМР используется для определения координат легких ядер, чаще всего атомов водорода. По точности определения координат атомов водорода метод ЯМР значительно превосходит рентгенографию и не уступает нейтронографии, но в отличие от нейтронографии при его использовании исследуемый образец не разрушается.

Для проведения эксперимента было выбрано два кристалла берилла светло-голубоватого цвета с Северо-Байкальского месторождения и Шерловой горы. Наиболее полную и точную информацию о структуре и положении воды в кристалле можно получить, исследуя ориентационную зависимость расщепления линий спектра ^{1}H ЯМР в монокристаллах. Поэтому были измерены две ориентационные зависимости спектров ЯМР при вращении кристалла вокруг оси параллельной и перпендикулярной оси С. Было установлено, что при всех ориентациях спектры ЯМР хорошо аппроксимируются пятью линиями гауссовой формы. Это свидетельствует о том, что в кристаллах берилла присутствуют два сорта молекул воды: связанная вода и вода относительно свободная, а также гидроксильные группы. Вода расположена в каналах, образованных тетраэдрами SiO_4, а группы OH связаны с Be-тетраэдрами и Al-октаэдрами. Молекулы связанной воды располагаются таким образом, что радиус-вектор, соединяющие протоны воды направлен вдоль оси С, а радиус-вектор для молекул свободной воды направлен перпендикулярно оси С.

Расстояние между линиями для связанной воды (жестко закрепленной в кристалле) при температуре 77К в 1.4 раза больше, чем при комнатной. Это свидетельствует о наличии подвижности молекул воды в берилле при комнатной температуре. При температуре жидкого азота такое движение отсутствует. Следует отметить, что ширины линий при понижении температуры существенно не изменяются.

Расстояние между линиями для относительно свободной воды при температуре кипящего азота практически не зависит от ориентации и значительно меньше, чем для связанной воды. Это свидетельствует о высокой подвижности молекул воды такого сорта. Анализ спектров показал, что молекулы воды диффундируют в каналах, одновременно вращаясь вокруг оси С.

УДК 539.216

Исследование влияния травителей на морфологию поверхности кремния, покрытого реальным окислом

Морозов Александр Олегович

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Владимиров Г. Г., физический факультет СПбГУ

Для исследования наноструктур необходима гладкая поверхность (в идеале — атомарно-гладкая), которая служила бы для них подложкой. Целью данной работы была попытка её получения с помощью обработки травителями СР-8 и Дэша поверхности кремния, покрытого реальным окислом. В качестве исходной поверхности был использован кремний марки КДБ-40(100). Травитель СР-8 представляет из себя смесь азотной и фтороводородной кислот в соотношении 3:1. Травитель Дэша состоит из азотной, фтороводородной и уксусной кислот, взятых в соотношении 3:1:10.

Исследование морфологии поверхности до и после обработки выполнено с помощью сканирующего зондового микроскопа Solver PRO-M производства компании NT-MDT с использованием АСМ-головки. Измерения проводились в полуконтактном режиме. При этом применялись кантилеверы NSG10/20 с радиусом кривизны острия порядка 10 нм. Разрешение микроскопа позволяет видеть моноатомные ступеньки на высоко-ориентированном пиролитическом графите (HOPG).

Были получены АСМ-изображения рельефа поверхности на участках размером 5 х 5 мкм. На их основе вычислены средняя арифметическая и средняя квадратичная шероховатости. Для исходной поверхности их величины составили 0,7 и 4 нм соответственно. Шероховатость поверхности при обработке обоими травителями в течение 30 секунд увеличилась по отношению к исходной (8 и 10 нм для СР-8, 3 и 6 нм для травителя Дэша). При более длительной обработке, в течение 60 секунд, шероховатость поверхности уменьшилась. Для травителя Дэша она оказалась близка к шероховатости исходной поверхности: средняя арифметическая шероховатость составила 1,1 нм, а средняя квадратичная 3,5 нм. В случае же СР-8 для средней арифметической шероховатости была получена величина 3 нм, а для средней квадратичной 6 нм.

Можно полагать, травители растравливают дефекты, приводя к возникновению ещё больших неровностей. Уменьшение шероховатости поверхности с увеличением времени обработки, скорее всего, объясняется тем, что сначала травится оксид кремния, содержащий большее количество дефектов, чем чистый кремний. К тому же на границе раздела между кремнием и его оксидом содержится повышенное количество дефектов по сравнению с объёмом кристалла. Таким образом, можно сделать вывод, что кратковременная обработка травителями не приводит к улучшению морфологии поверхности.

УДК: 537.531; 535.34-32

Квазимолекулярные эффекты в Cr2*p*-спектрах поглощения соединений хрома

Нестеров Михаил Анатольевич

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Виноградов А. С.,
физический факультет СПбГУ, кафедра электроники твердого тела

С целью выяснения роли химического связывания в формировании электронной структуры соединений хрома получены и в рамках квазимолекулярного подхода проанализированы Cr2*p*-спектры поглощения для соединений CrF_2, CrF_3, Cr_2O_3, $Cr(acac)_3$, $K_3Cr(CN)_6$, CrO_2, CrO_3, K_2CrO_4 и $K_2Cr_2O_7$, в которых атом хрома проявляет различную формальную валентность (II-III-IV-VI). Все спектры измерены с высоким энергетическим разрешением (ДЕ ~ 90 МэВ) методом полного электронного выхода на Российско-Германском канале СИ электронного накопителя BESSY II [1]. Для калибровки энергии фотонов в области Cr 2*p*-края поглощения (~ 580 эВ) было использовано известное энергетическое положение первого узкого пика в O 1*s*-спектре поглощения рутила TiO_2 (531,0 эВ) [2]. Полученные спектры отнормированы на интенсивность падающего излучения, которая мониторировалась путём регистрации фототока из золотой сетки, установленной на выходе канала.

Полученные спектры заметно отличаются друг от друга по виду ближней тонкой структуры (БТС) и энергетическому положению ее деталей в зависимости от формальной валентности атома хрома, характера химической связи между атомом хрома и лигандами, а также от формы, симметрии и размера координационной сферы его ближайшего окружения в соединении. Высокоэнергетический сдвиг Cr2*p*-спектров поглощения, отчетливо наблюдаемый при последовательном увеличении формальной валентности атома хрома в ряду исследованных соединений, количественно может быть охарактеризован сдвигом энергетического положения центра тяжести для Cr2$p_{3/2}$-спектра (~0,7 эВ на единицу валентности) [3].

Детальный анализ БТС полученных в работе 2$p_{3/2}$-спектров поглощения атома хрома в твердофазных соединениях выполнен в рамках квазимолекулярного подхода. В данном рассмотрении основные детали БТС спектров поглощения связываются с дипольно-разрешенными переходами внутренних Cr2$p_{3/2}$-электронов на свободные молекулярные орбитали квазимолекулы CrO_6 для соединений, в которых атом хрома имеет октаэдрическое (O_h) окружение атомами лигандами, и CrO_4 для соединений с тетраэдрическим окружением (T_d) центрального атома [4]. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о необходимости учета химического связывания при рассмотрении особенностей электронного строения соединений наряду с традиционно учитываемыми межэлектронными корреляциями.

Работа выполнена при поддержке ФЦНТП Роснауки (РИ – 16.0/025/021; Госконтракт №02.438.11.7051), РФФИ (грант № 06-02-16998) и при сотрудничестве с Российско-Германской лабораторией Берлинского центра синхротронного излучения BESSY.

[1] S. I. Fedoseenko, I. E. Iossifov, S. A. Gorovikov, J.-H. Schmidt, R. Follath, S. L. Molodtsov, V. K. Adamchuk and G. Kaindl, *Nucl. Instrum. Methods Phys.Res. A* ***470****, 84 (2001*).
[2] А. С. Виноградов, А. Ю. Духняков, В. М. Ипатов, А. А. Павлычев, В. Н. Сивков, *ФТТ* **25**, 400 (1983)
[3] A. S.Vinogradov, A. B. Preobrajenski, S. A. Krasnikov, T. Chasse, R. Szargan, A. Knop-Gericke, R. Schlιgl, P. Bressler, *Surf. Rev. & Lett*. **9**, 359 (2002).
[4] И. Б. Берсукер, *Электронное строение и свойства координационных соединений. Введение в теорию.* Изд. 2-е, пер. И доп. Л.,Химия, 1976.

УДК 124.01.03

Использование последовательности радиочастотных импульсов DANTE в ядерной магнитной томографии для выделения слоя

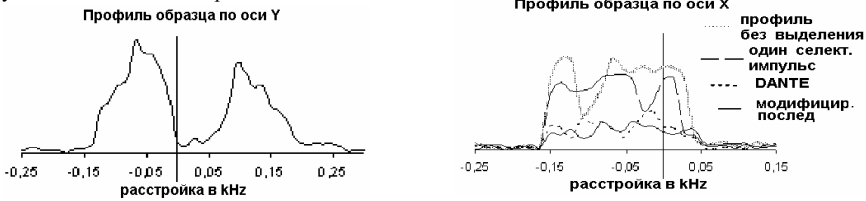
Паршина Виктория Львовна

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Фролов В. В., физический факультет СПбГУ

Проблема контрастирования МРИ тесно связана с проблемой высококачественного выделения слоя. В томографии наложение градиента магнитного поля служит для пространственного кодирования. Для выделения слоя во время действия импульса подается градиент, действующий в направлении перпендикулярном выделяемой плоскости, его ширина, а также четкость его границ в большой мере определяются характеристиками возбуждающего импульса. В идеале РЧ импульс выделяет плоскость, в месте расположения которой Ларморова частота совпадет с частотой импульса, т. е. 0 расстройки (рис.1). О ширине выделенного слоя можно судить по спектру сигнала от образца. Сигнал, полученный после действия обычного 90 градусного импульса, имеет широкую полосу спектра и не позволяет достаточно хорошо определить слой. Чтобы улучшить четкость следует придать импульсу определенную форму. В данном случае, предлагается использовать импульсную последовательность DANTE [1], созданную, для применения в ЯМР спектроскопии. Применение этой последовательности позволяет значительно сузить ширину выделяемого слоя при воздействии малых градиентов, что особенно важно для биологических объектов. В случае использования стандартной последовательности DANTE помимо полезного сигнала от выделяемого слоя принимается сигнал от смежных областей, что приводит к появлению серьезных артефактов[2]. Чтобы устранить этот недостаток была подобрана модифицированная последовательность, длительность временных промежутков в которой определялась случайными числами. С этой целью усовершенствована созданная в среде Mathcad программа, моделирующая действие радиочастотного импульса на намагниченность образца, и подбирающая оптимальную комбинацию.

Рис.1

На минитомографе сектора медицинской томографии НИИФ им. В.А.Фока СПбГУ, работающего в поле 7 mTл. были выполнены эксперименты. Теоретически и экспериментально показано, что импульсная последовательность «DANTE» может быть использована не только в спектроскопии ЯМР, но и для выделения слоя в ЯМР-томографии. На рисунке внизу слева показан профиль слоя вдоль оси Y и плоскость выделения в области 0 расстройки. На рисунке справа изображен слой, выделенный с применением спец. последовательностей, одиночного импульса с выделяющим градиентом и без него.



[1] G. A. Morris and R. F. Freeman «Selective Excitation in Fourier Transform NMR» Journal of Magnetic Resonance №29 p435-462 New-York

[2] В. Л. Паршина К. В. Тютюкин В. В. Фролов «Выделение слоя в ЯМР томографии с использованием модифицированной последовательности DANTE» Книга тезисов Международного симпозиума и летней школы в СПб «ЯМР в конденсированных средах», 2006, стр.88.

УДК 53.087.47

Оптимизация работы мини-спектрометра ЭПР с помощью разделения управляющего ПО на два независимых процесса с различнами приоритетами исполнения

Попов Тимофей Владимирович

Научные руководители:
к.ф.-м.н., доц. Комолкин А. В., к.ф.-м.н., доц. Сухаржевский С. М.,
физический факультет СПбГУ

Создание программного обеспечения (ПО) для управления спектрометром электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) требует выполнения таких обязательных условий, как осуществление линейной развертки магнитного поля и записи спектра ЭПР в память компьютера в реальном времени (РВ) [1]. Изначально ПО проектировалось как единый процесс (получающий команды пользователя через графический интерфейс и управляющий работой спектрометра с помощью платы ЦАП/АЦП), работающий в режиме реального времени под управлением ОС Linux. Работа программы в режиме РВ достигалась путем блокировки динамической памяти и присваиванием процессу приоритета диспетчеризации реального времени планировщиком задач ОС Linux [2]. В качестве графической библиотеки была выбрана объектно-ориентированная библиотека Qt 3.x и, как следствие, язык исполнения программы C++.

В процессе эксплуатации комплекса выяснилось, что во время передачи управляющих команд от пользователя к компьютеру, а так же записи и отображения спектра на дисплее, существуют задержки, заметные даже человеческим глазом. Причиной подобных задержек является ресурсоемкая библиотека Qt, периодически обновляющая большое количество визуальной информации на дисплее и работающая в составе всего ПО в режиме РВ. При проведении эксперимента отображение получаемых точек спектра на дисплее в РВ не является необходимым условием и, как следствие, было принято решение о разделении управляющего блока ПО и графического интерфейса на два самостоятельных процесса с разными приоритетами диспетчеризации.

Проведенный анализ существующих инструментов ОС Linux для реализации обмена данными между различными процессами дал возможность использовать разделяемую память (shared memory) как основное средство взаимодействия графической оболочки с управляющим блоком ПО. Таким образом, создаваемая в разделяемой памяти компьютера структура данных является средой обмена командами управления и получаемыми от спектрометра данными. В данный момент, подобная реализация ПО проходит детальное тестирование и апробацию, но уже первые результаты свидетельствуют о более стабильной работе измерительно-управляющего ПО спектрометра ЭПР. Кроме того, следствием линеаризации развертки магнитного поля из-за устранения задержек в передаче команд управления на плату ЦАП является увеличившаяся достоверность получаемых спектральных данных. Результаты представленной работы оказались очень важны и будут использованы как составная часть в процессе комплексной модернизации мини-спектрометра ЭПР.

Работа поддержана грантами: грант Конкурсного Центра Фундаментального Естествознания Санкт-Петербурга, грант мэрии Санкт-Петербурга № 27/06 от 16.05.2006.

[1] Попов Т. В. Операционные системы реального времени в ЭПР и ЯМР экспериментах // В кн.: Магнитный резонанс и его приложения. — СПб: Изд-во ООО «Соло», 2004 г. С. 28–30.
[2] Попов Т. В., Комолкин А. В., Сухаржевский С. М. Автоматизация портативного мобильного спектрометра ЭПР СЭПР-2 // В кн.: Магнитный резонанс и его приложения. — СПб: Изд-во ООО «Соло», 2005 г. С. 77–81.

УДК: 535.215; 537.535; 537.312

Электронная структура нанокластеров золота на оксидированной поверхности Ni(755)

Рыбкин Артём Геннадиевич

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., в.н.с. Шикин А. М., НИИ Физики СПбГУ, кафедра электроники твердого тела

Одной из важных и интересных задач современного катализа является исследование причин каталитической активности нанокластеров благородных металлов, например, серебра и золота, на поверхностях оксидов. Такие системы каталитически активны при окислении CO, реакции между CO и H2O и при других реакциях. Однако до настоящего времени нет однозначного, исчерпывающего описания механизмов каталитической активности нанокластеров на поверхностях оксидов. Поэтому поиск способа формирования нанокластеров определенных заранее заданных размеров на поверхности оксида и определение связи электронной конфигурации нанокластеров с их каталитической активностью являются важными и приоритетными задачами данного направления.

В данной работе экспериментально исследована электронная энергетическая структура нанокластеров золота, выращенных на оксидированной ступенчатой поверхности монокристалла Ni(755). Показано, что при окислении ступенчатой поверхности Ni(755) образуется хорошо упорядоченная по всей поверхности террасы никеля структура адсорбированных атомов кислорода O(2x2), аналогичная структуре, формирующейся на плоской поверхности монокристалла Ni(111). Напыление золота на такую поверхность приводит к формированию нанокластеров золота с размерами, определяемыми размерами террас на поверхности Ni(755). Из сравнения фотоэлектронных спектров $4f_{5/2,7/2}$ остовных уровней золота в кластерах на чистой и оксидированной поверхности Ni(755), установлено, что для системы кластеров золота, сформированной на оксидированной поверхности Ni(755), в спектрах присутствуют не только спектральные компоненты, характерные для металлического состояния золота, но и дополнительные компоненты $Au^{+д}$. Предполагается, что появление дополнительных компонент для кластеров золота на оксидированной поверхности Ni(755) связано с частичным окислением атомов золота при участии дефектов, присущих ступенчатому рельефу никелевой подложки. Частично окисленные атомы благородного металла, декорирующие дефекты поверхности могут выступать в качестве центров каталитической реакции. Ожидается, что исследуемая система проявит высокую каталитическую активность в дальнейших исследованиях.

УДК-531

Морфологические особенности тонких кальций фосфатных покрытий, нанесенных методом ВЧ-магнетронного распыления

Свириденко Анастасия Сергеевна, Рябцева Мария Александровна

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Пичугин В. Ф., зав. каф. ТиЭФ, Томский политехнический университет

Шероховатость поверхности имплантата с кальций фосфатным покрытием (Ca-P) является одной их главных характеристик его конструкции. Создание грубой поверхности кальций фосфатного имплантата предполагает биологические и биохимические преимущества. Для оптимального костеобразования необходимы высокая адсорбция, клеточное сцепление, пролиферация, дифференциация, производство остеоидов и кальцификация. Поверхностная энергия, шероховатость поверхности и конструкция имплантата играют важную роль в адсорбции плазменных белков и молекул поверхностью.

Целью данной работы явилось проведение диагностики морфологии поверхности Ca-P покрытий. Источником диагностической информации являются геометрические параметры поверхности. Был проведен ряд измерений шероховатости поверхности подложки и напыленного кальций фосфатного покрытия.

Для исследования была приготовлена серия образцов с кальций фосфатными покрытиями, которые были нанесены методом ВЧ-магнетронного распыления.

В качестве исходного материала для синтеза Ca-P покрытий использовался гидроксиапатит (ГАП), один из представителей класса кальций-фосфатных материалов, химическая формула Ca10(PO4)6(OH)2. ГАП является главной составляющей костного матрикса со стехиометрическим соотношением Ca/P=1,67. Этим свойством объясняется высокая биосовместимость этого материала [1].

Морфологические исследования поверхности было проведено методом снятия профилограмм профиля поверхности образца с использованием системы исследования поверхности “Talysurf 5м” с автоматическим расчетом и регистрацией данных. Также были получены микрофотографии на оптическом профилометре MICRO MEASURE 3D station.

Напыление кальций фосфатных покрытий приводит к тому, что поверхность становится более шероховатой. Последующие центры роста образуются уже не на ровной поверхности, что делает поверхность еще более шероховатой. Испытания in vitro и in vivo показывают, что самая лучшая реакция тканей наблюдается при умеренной шероховатости с глубиной 1–2 микрон между высотой пиков и дном углублений на поверхности имплантата.

Пленки являются однородными, с малой амплитудой однообразных неровностей, закрывающих всю поверхность, такие сглаженные значения описывают магнетронное напыление [2].

Автор благодарит своего научного руководителя Пичугина В.Ф. за постановку задачи и постоянную поддержку.

[1] T. Burg, O. Standard. Materials Science and engineering // Biomedical materials, - UNSW, 2001. – p. 22.
[2] Pichugin V. F., Bulycheva A. A., Tverdokhlebov S. I., Surmenev R. A.,Khlusov I. A., Sohoreva V. V., Volova T. G., Shishatskaya E. I. Deposition of calcium-phosphate layers on the materials of medical implants by magnetron sputtering //Abstracts of 7th Essen Symposium of Fundamentals and Clinical Applications - Essen, 6-8 october, 2004. - Essen: 2004. - p. 150.

УДК 539.1

Квантизация в электронной структуре металлов на примере тонких пленок

Сеньковский Борис Владимирович

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Шикин А. М., НИИ физики СПбГУ, кафедра электроники твердого тела

В настоящее время технический прогресс обусловлен уменьшением размеров электронно-вычислительных элементов, то есть уменьшением размеров твердотельных систем, из которых они состоят. Поэтому в современной физике большое внимание уделяется системам с пониженной размерностью, в которых наблюдается модификация электронной структуры в зависимости от размеров системы. Одними из примеров системы с пониженной размерностью являются тонкие пленки металлов, сформированные на различных подложках. Экспериментально эффекты размерного квантования в подобных системах позволяет обнаружить метод фотоэлектронной спектроскопии. Полученные фотоэлектронные спектры системы Ag/Mo(110) характеризуются рядом особенностей, возникающих вследствие размерного квантования sp-электронов Ag, которые не наблюдались ранее в спектрах объемного монокристалла серебра. Так как при понижении размерности системы модифицируется ее электронный спектр, встает вопрос о применимости теоретических моделей, работающих для объемного твердого тела. Цель данного доклада — рассмотреть теоретические модели и выявить наиболее подходящую модель для описания поведения квантовых электронных состояний в тонких металлических пленках.

УДК 535.215; 537.535; 537.312

Графитовое «одеяло» толщиной в один атом

Усачёв Дмитрий Юрьевич

Научные руководители:
ст. науч. сотр. Шикин А. М., НИИ физики СПбГУ,
д.ф.-м.н., проф. Адамчук В. К., зав. лаб. физической электроники НИИ физики СПбГУ

В современной физике твердого тела исследование атомных структур нанометровых размеров, благодаря их уникальным по сравнению с массивными структурами свойствам и требованиям развивающейся микроэлектроники, представляет всё больший интерес. Первым шагом при переходе от массивных структур к низкоразмерным является ограничение размеров твердого тела в одном из направлений до величины, сравнимой с межатомными расстояниями. При этом формируется квазидвумерная структура или тонкая пленка. Для получения однородных, монокристаллических тонких пленок их формируют на поверхностях монокристаллов.

В данной работе в качестве материала для создания тонких пленок используется графит. Он обладает слоистой кристаллической структурой с достаточно слабой химической связью между слоями, поэтому кристаллическая и электронная энергетическая структура слоя графита толщиной в один атом (монослоя графита или МГ) оказываются очень схожими со структурой объемного графита. Для формирования МГ используется метод крекинга различных углеродсодержащих соединений, позволяющий получить МГ на поверхностях некоторых металлов. Множество работ посвящено исследованию МГ, сформированного на плоских монокристаллических поверхностях. В данной работе сделана попытка продвинутся в область меньшей размерности системы и перейти от моноатомного слоя к полоскам МГ шириной в несколько постоянных решетки. Для формирования нанополосок графита можно, как это общепринято, использовать в качестве подложки ступенчатую поверхность монокристалла, т.е. поверхность, характеризуемую высокими значениями индексов Миллера. Ввиду геометрической неоднородности такой поверхности можно предполагать, что при образовании на ней МГ получатся нанополоски с шириной, определяемой размером ступени на подложке. Но это возможно лишь при выполнении двух условий: во-первых, геометрическая структура ступенчатой поверхности должна остаться неизменной после формирования пленки, а во-вторых, пленка должна испытывать разрыв на краях ступеней.

В данной работе в качестве подложки для формирования МГ использовались ступенчатые поверхности монокристаллов Ni(771) и Ni(755). Эти поверхности состоят из ступеней высотой в один атом и шириной 1,2 nm. Геометрическая структура сформированной системы изучалась с помощью сканирующей туннельной микроскопии и дифракции медленных электронов, а электронная энергетическая структура – с помощью фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением. Полученные результаты свидетельствуют о том, что МГ, сформированный на данных поверхностях

1) инициирует сильную перестройку геометрической структуры поверхностей;
2) легко поддается деформации, покрывая геометрически неоднородную поверхность как сплошное «одеяло».

Ядерная физика
и физика частиц

УДК 124.01.03

Автономный позиционно-чувствительный детектор оптического излучения на основе ПЗС-матрицы

Галицин В. В.

Научные руководители:
Макаров Н. А, Валиев Ф. Ф., НИИ Физики СПбГУ

Представляемая работа описывает подход к реализации программно-аппаратной части решения задачи детектирования фотонов. Проведенная работа может позволить автоматизировать измерение параметров слабо интенсивных физических процессов. Представляемый подход является потенциально интересным для областей физики, связанных с ультрафиолетовым и инфракрасным излучениями, а также с ионизирующими частицами.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать программно-аппаратный конструктив, состоящий из ПЗС-матрицы (прибор с зарядовой связью) и управляющей платы, способной функционировать автономно. В качестве такой платы был выбран отладочный комплект Analog Devices BF533-STAMP [1, 2] . Выбор в пользу этого решения был сделан исходя из того, что плата работает под управлением ОС Linux [3], обладает встроенным сетевым интерфейсом, через который осуществляется передача данных, а также предоставляет большое количество аппаратных портов, посредством которых появляется возможность работать с ПЗС-матрицей. В качестве ПЗС была выбрана ПЗС-линейка 600S/P CCD, которая является одномерным аналогом матрицы. Для повышения эффективности регистрации было принято решение отказаться от стандартного режима непрерывного сканирования матрицы и использовать ее в режиме накопления сигнала через определенные интервалы времени.

[1] Introduction to uClinux STAMP Board Documentation Coursework and Lab Materials // Analog Devices Inc.
[2] http://www.analog.com (Оффициальный сайт Analog Devices Inc.)
[3] http://www.uclinux.org (Оффициальный сайт проекта uClinux, Linux для микроконтроллеров)

Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем

УДК 577.323.2

Взаимодействие молекулы ДНК с производными актиноцина, содержащими в амидных группах радикалы бензо-15-краун-6

Богданов Андрей Александрович

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Морошкина Е. Б., физический факультет СПбГУ

Противоопухолевая активность антибиотика актиномицина D и ряда его аналогов обусловлена их взаимодействием с ДНК и торможением ДНК-зависимого синтеза РНК. Наличие у соединений плоского гетероциклического актиноцинового хромофора способствует интеркаляционному связыванию, которое представляет собой встраивание хромофора между парами азотистых оснований двойной спирали ДНК. Важную роль во взаимодействии с ДНК актиномицина D играют пептидлактонные группировки, ассоциирующие ионы Na^+. В связи с этим для моделирования пептидлактонных группировок в синтетических аналогах актиномицина в амидные группы актиноцинового хромофора были введены радикалы бензо-краун группировками, способные ассоциировать ионы щелочных металлов.

В настоящей работе были проведены сравнительные исследования взаимодействия с ДНК производных актиноцина, содержащих в амидных группах радикалы — бензо-15-краун-5 и $-(CH_2)_3$-$N(CH_3)_2$, в присутствии ионов K^+ (рис. 1).

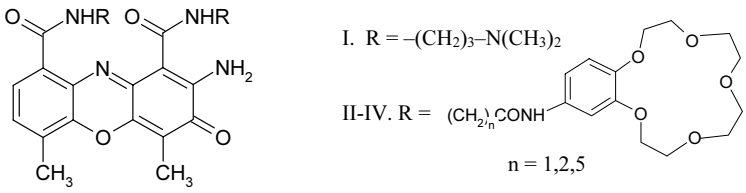


Рис. 1. Структура исследуемых в работе соединений.

Методом спектрофотометрического титрования были определены термодинамические параметры связывания лигандов с ДНК. Показано, что сродство хромофора лиганда к ДНК и количество его мест связывания убывает с увеличением длины метиленовой цепочки, соединяющей хромофор с бензо-краун группировкой. Для определения способа связывания лиганда с макромолекулой проводили параллельное вискозиметрическое и спектрополяриметрическое титрование ДНК растворами лиганда.

Возрастание вязкости и характерные изменения в спектрах кругового дихроизма (КД) ДНК, а также спектры индуцированного кругового дихроизма (ИКД) лиганда в присутствии ДНК, наблюдаемые в случае соединений I, II и III, свидетельствуют об интеркаляции актиноцинового хромофора в двойную спираль ДНК в условиях эксперимента. Соединение IV, имеющие самую длинную линкерную цепочку, образует в водных растворах агрегаты. Хромофор соединения при этом практически не связывается с ДНК.

УДК 541.64:339.199

Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем.
Определение максимальной генерации дендримеров

Васильев Валентин Алексевич

Научный руководитель:
к.ф.-м.н. Полушина Г. Е., науч. сотр. НИИ физики им. В. А. Фока СПбГУ

В последние годы активно развивается новая область химии и физикохимии высокомолекулярных соединений, связанная с синтезом и изучением сверхразветвленных олигомеров и полимеров, называемых дендримерами. Дендримеры — особый класс синтетических макромолекул, которые в каждом мономерном звене содержат регулярные разветвления, расположенные таким образом, что от центра молекулы к периферии их количество увеличивается в геометрической прогрессии.

Большой интерес представляет нахождение максимально возможного номера генерации дендримера, как с точки зрения строения дендритной матрицы, так и с точки зрения химических свойств дендримера, связанных с ростом числа концевых групп. Предположение об ограничении роста матрицы связано с тем фактом, что при увеличении номера генерации поверхностная площадь матрицы и доля поверхности, необходимая для присоединения всех концевых групп, растут с разной скоростью. Таким образом, при достижении некого номера генерации поверхностной площади матрицы может не хватить для присоединения концевых групп ко всем внешним звеньям.

В данной работе изучалась зависимость возможного номера генерации от линейных размеров присоединяемой концевой группы и длины алифатического спейсера. Для большей наглядности зависимости были построены как функции числа концевых групп, а не номера генерации. Было вычислено, что максимально возможный номер генерации — 12-й. Также приведен расчет длины алифатического спейсера, необходимого для получения дендримера максимальной генерации с заданной концевой группой.

УДК 541 64 535 5 532 54

Динамика электрооптического эффекта в растворах сульфированного полистирола с различным содержанием ионогенных групп

Добрун Лилия Александровна, Матвеева Ирина Николаевна

Научные руководители:
к.ф.-м.н., Михайлова М. Е., д.ф.-м.н, проф. Лезов А. В., физический факультет СПбГУ

В ряду ассоциирующих полимеров важное место занимают иономеры, молекулы которых содержат, как правило, небольшое число ионогенных групп, способных образовывать внутри- и межмолекулярные ассоциаты в слабополярных органических растворителях. Для сульфированного полистирола (СПС), молекулы которого содержат 1,35 мол.% натрийсульфонатных групп, были обнаружены аномальные концентрационные зависимости приведенной вязкости, коэффициента поступательной диффузии и седиментации в м-ксилоле. Показано, что это вызвано образованием агрегатов молекул иономера за счет притяжения между натрийсульфонатными группами [1]. Настоящая работа стала продолжением исследований молекулярных свойств СПС. Методом ЭДЛ изучена ориентационная динамика ряда образцов СПС, молекулы которых содержали ц = 0.5, 1.35 и 2.6 мол.% SO_3Na групп, в хлороформе. Измерения проводились в поле прямоугольного импульса, срез импульса по переднему и заднему фронту не превышал 0.6 мкс.

В растворах ПС (ц = 0) в хлороформе наблюдается малое по величине положительное ЭДЛ.

Введение в состав молекулы ПС 0.5 мол.% SO_3Na групп приводит к перемене знака постоянной Керра К и возрастанию на порядок ее абсолютной величины. Ориентация молекул ПС и СПС (ц = 0.5) в электрическом поле имеет мелкомасштабный характер.

Увеличение в составе макромолекул SO_3Na групп приводит к изменению характера ориентации молекул. Анализ временных зависимостей ЭДЛ показывает, что при установлении двойного лучепреломления в растворах СПС (ц = 1.35) и СПС (ц = 2.6) наблюдаются, по крайней мере, два релаксационных процесса, различающихся временем установления ЭДЛ и знаком двойного лучепреломления. Для того чтобы проанализировать влияние концентрации раствора на процессы ассоциирования в растворах иономеров, подробно был изучен спад ЭДЛ, следующий после выключения электрического поля. Обработка временных зависимостей спада ЭДЛ с помощь пакетов программ Origin и DynaLS позволяет получить дискретный и непрерывный спектры времен релаксации [2]. Для СПС (ц = 1.35) наблюдается суперпозиция двух релаксационных процессов. Обнаружено, что спектр времен релаксации не зависит от концентрации раствора *c* в диапазоне от 0.10 до 1.26 г/дл. При наименьших концентрациях растворов в спектре остается одна компонента, соответствующая меньшему времени релаксации. Установлено, что увеличение концентрации растворов приводит к росту вклада медленного релаксационного процесса ЭДЛ. Рассчитанные из площади, ограниченной кривой спада ЭДЛ, средние времена свободной релаксации возрастают при увеличении концентрации.

Для СПС, содержащего 2.6 мол.% ионогенных групп, в спектре могут быть выделены два или три времени релаксации, которые в отличие от СПС (ц = 1.35) имеют ярко выраженную концентрационную зависимость и уменьшаются при разбавлении раствора. При наименьших концентрациях в спектре, как и для СПС (ц = 1.35), остается одна компонента.

Полученные времена релаксации использованы для оценки гидродинамических радиусов мультиплетов ионогенных SO_3Na групп, ориентирующихся под действием внешнего электрического поля.

[1] А. В. Лезов, А. Б. Мельников, Е. И. Рюмцев, Е. А. Лысенко, К. Н. Бакеев, W. J. MacKnight, А. Б. Зезин, В. А. Кабанов. Высокомолек.соед. А. 1998. Т. 40. № 4. С. 625
[2] Л. А. Добрун Сборник тезисов молодежной научной конференции “Физика и прогресс”, Санкт-Петербург, 2005, G-04.

УДК 537.535:538.6

Сепарация полидисперсных пылевых частиц в тлеющем разряде

Ермоленко Максим Анатольевич, Голубев Максим Сергеевич

Научные руководители:
к.ф.-м.н., асс. Дзлиева Е. С. доц. Карасёв В. Ю., доц. Эйхвальд А. И.,
физический факультет СПбГУ

При изучении пылевой плазмы становится актуальным вопрос о собственном вращении пылевых частиц при помещении пылевой структуры в магнитное поле. В некоторых условиях суммарный спиновый момент частиц пылевой структуры сравним с орбитальным общим моментом, что важно учесть при описании таких опытов. В прикладном смысле с помощью этих исследований возможно производить бесконтактное измерение заряда пылевых частиц.

При использовании в пылевой плазме полидисперсных частиц и полых микросфер важным является вопрос о точном знании параметров левитирующих частиц — характерных размерах, заряде, толщине стенки микросферы. Вероятно, разряд является «сепаратором», выбирающим частицы в соответствии с условиями равновесия. Для вышеописанных задач требуется научиться создавать условия для левитации частиц заданных размеров и массы.

В настоящей работе с помощью разрядной трубки специальной конструкции (позволяющей наблюдать частицы в микроскоп непосредственно в разряде) определяется размер левитирующих пылевых гранул. При извлечении из разрядной трубки (с помощью специального приспособления) левитировавших частиц и оценки их размеров через микроскоп получен хорошо согласующийся результат.

УДК 532.783

Получение заданного угла наклона оптической оси на границах жидкокристаллического слоя методом натирания

Каретников Никита Александрович

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Коломиец И. П., физический факультет СПбГУ

We report the achievement of designed nematic liquid crystal tilt angle in 40є-50є range by conventional rubbing method. The tilt angle is stable and reproducible. The influence of mixture composition on the tilt angle is discussed.

Эффективность работы различных оптических устройств на основе ориентированных слоев нематических жидких кристаллов (индикаторов, дисплеев, модуляторов, поляризаторов) существенно зависит от направления оптической оси слоя на его границах. Для получения нужного значения угла наклона оси к поверхностям, ограничивающим слой, используются различные технологические методы [1]. Метод натирания полимерного покрытия является наиболее распространенным. Интервал углов наклона 30є-60є очень важен для некоторых приложений, таких, например, как поляризационный конвертор на основе призменного жидкокристаллического поляризатора [2]. Именно этот диапазон углов является наиболее сложным для создания стабильной наклонной ориентации, причем, как правило, в этом интервале удается получать только некоторые дискретные значения угла наклона. Относительно недавно авторы работы [3] сумели получить "непрерывный" спектр углов наклона, но только в диапазоне 50є-90є.

Нам впервые удалось, используя метод натирания, получить наклонную ориентацию оси нематика на поверхности полимера с плавно варьируемым (в зависимости от условий натирания) углом наклона в интервале 40є-50є для одной из нематических смесей, используемых для изготовления твист-ячеек. Ориентация является стабильной и воспроизводимой. Обсуждается влияние состава жидкокристаллической смеси на величину получаемого угла наклона.

[1] Ж. Коньяр. Ориентация нематических жидких кристаллов и их смесей 1986, Минск, "Университетское", 100с.
[2] А. А. Каретников, Н. А. Каретников, А. П. Ковшик, И. П. Коломиец, Е. И. Рюмцев. Тезисы докладов 6-й Международной конференции по лиотропным жидким кристаллам, Иваново, 17-21 октября 2006г.
[3] Ghanshyam P. Sinha, Bing Wen, Charles Rosenblatt. Appl.Phys.Letters, 2001, v.79, №16, pp.2543-2545

УДК 541.64:339.199

Температурная зависимость характеристической вязкости полимеров

Лезов Алексей Андреевич

Научный руководитель:
к.ф.-м.н. Полушина Г. Е., научн. сотр. НИИ физики им. В. А. Фока СПбГУ

Вискозиметрия является одним из основных методов изучения молекулярных свойств полимеров. Данные о вязкости полимерных растворов используют для определения молекулярной массы полимеров, размеров макромолекул и их конформационных характеристик. Преимуществом вискозиметрического метода является его относительная техническая простота.

Характеристическую вязкость полимеров определяют экстраполяцией линейной зависимости приведенной вязкости к бесконечному разбавлению раствора. Проведение температурных измерений вязкости полимерных растворов заметно расширяет возможности этого метода. Анализ температурного коэффициента вязкости позволяет исследовать не только конформационные свойства макромолекул, но и изучать влияние термодинамического качества растворителя на размер молекул. Целью настоящей работы было построение и анализ соотношений, позволяющих описать температурную зависимость характеристической вязкости в окрестности и-точки.

Показано, что для анализа температурной зависимости характеристической вязкости полимеров может быть использован подход, основанный на соотношении Флори и разложении коэффициента набухания макромолекул в ряд по параметру набухания z в окрестности и-точки. Установлено, что характеристическая вязкость [з] гибкоцепного полимера возрастает при увеличении температуры раствора, что обусловлено влиянием набухания макромолекул в термодинамически хорошем растворителе. Напротив, величина [з] для жесткоцепного полимера уменьшается при увеличении температуры раствора, что вызвано увеличением равновесной гибкости макромолекул. Характер теоретических зависимостей [з] соответствует экспериментальным, измеренным для гибкоцепных и жесткоцепных полимеров.

УДК 532.782:538.91

Молекулярные и оптические свойства гребнеобразных полимеров с хиральными боковыми группами

Лутиков Михаил Владимирович

Научный руководитель:
к.ф.-м.н, ст. преп. Филиппов С. К., физический факультет СПбГУ

Методами статического и динамического светорассеяния были измерены концентрационные коэффициенты диффузии k_D, второй вириальный коэффициент и молекулярная масса двух гребнеобразных полимеров содержащих в основной цепи хиральные группы. Было показано, что величина и знак k_D и второго вириального коэффициента для обоих веществ зависят от температуры. Если для образца P8*NN(рис. 1) второй вириальный коэффициент и соответственно k_D уменьшались с охлаждением, что является нормальным для большинства систем полимер-растворитель, то для образца P7*ST(рис.2) наблюдалась обратная зависимость. Обе величины падали с нагреванием раствора.

Путем экстраполяции к нулю зависимости второго вириального коэффициента от температуры, были определены θ-точки для каждого образца. Для образца P8*NN в толуоле, θ-температура равна (9.6±0.3) ^{0}C (рис.3). Для образца P7*ST в ТГФ, она оказалась равна 53.0±3.1 ^{0}C и была близка к температуре кипения растворителя (рис. 4). Нестандартный ход зависимости второго вириального коэффициента от температуры можно объяснить существованием для этой системы нижней критической точки смешения.

Для каждого образца были вычислены молекулярные массы и полидисперсность полимеров в растворе. Молекулярные массы равны 80000 и 220000 г/моль для образцов P8*NN и P7*ST соответственно. Образец P7*ST характеризуется большей полидисперсностью по массе, чем образец P8*NN.

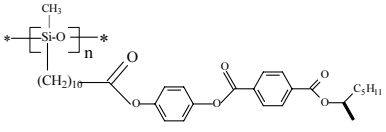


Рис. 1. P8*NN

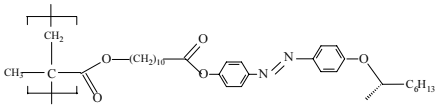


Рис. 2. P7*ST

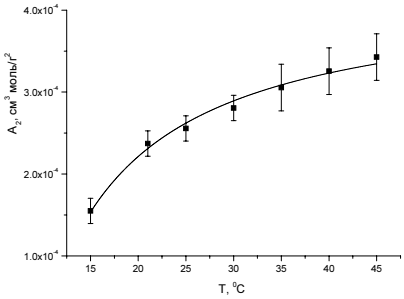


Рис. 3.
Зависимость 2-го вириального коэффициента от температуры для образца P8*NN в толуоле

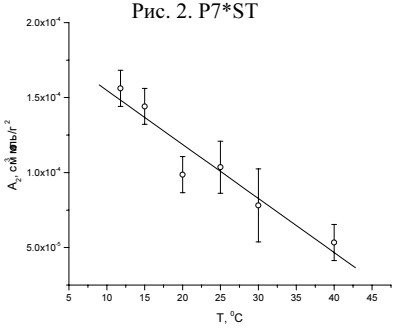


Рис. 4.
Зависимость 2-ого вириального коэффициента от температуры для образца P7*ST в ТГФ

Диэлектрическая спектроскопия жидкокристаллических полимеров

Магдысюк Оксана Владимировна

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Ковшик А. П., физический факультет СПбГУ

Макроскопическая диэлектрическая проницаемость — одна из важнейших характеристик веществ в жидкокристаллическом и изотропном состоянии. Её частотная и температурная зависимости позволяют изучить механизмы, ответственные за релаксационные процессы, внутри- и межмолекулярные взаимодействия, а также в значительной мере определяют возможности применения жидкокристаллических веществ в устройствах отображения информации.

В работе представлены результаты исследований диэлектрической релаксации недавно синтезированного жидкокристаллического разветвлённого полимера, содержащего боковые мезогенные цианобифенильные группы и звенья акриловой кислоты, способные к образованию водородных связей.

Измерения диэлектрической проницаемости проводились в диапазоне частот от 1 кГц до 100 МГц в широкой области температур от 30 до 140 °C, включающей кристаллическую, жидкокристаллическую и изотропную фазы полимера. Значение диэлектрической анизотропии не было определено, так как не удалось создать однородную ориентацию образца.

В работе получена величина статической диэлектрической проницаемости и определена её зависимость от температуры в жидкокристаллической и изотропной фазах.

Обнаружены две области дисперсии диэлектрической проницаемости исследуемого жидкокристаллического полимера, соответствующие двум релаксационным процессам. Установлено, что высокочастотная релаксация слабо зависит от температуры.

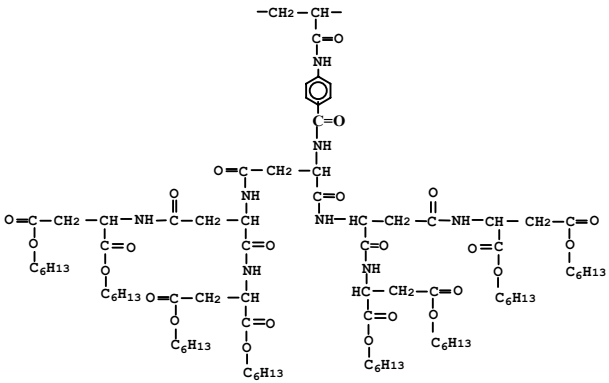
Для низкочастотной области дисперсии были определены времена релаксации в нематической и изотропной фазе. Определение времён релаксации проводилось путём совмещения экспериментальной и теоретической кривой с использованием уравнения Коул-Коула. Из анализа температурной зависимости времён релаксации определены энергии активации для изотропной и нематической фаз вещества.

Third-generation cylindrical dendrimers based on L-aspargic acid in chloroform solutions: electrooptical, optical and hydrodynamic properties

Ilya Martchenko
St Petersburg State University
ilyamartch@mail.ru

Academic advisor:
Prof. Nikolai Tsvetkov, Institute of Physics, St Petersburg State University

Two samples of third-generation cylindrical dendrimers based on L-aspargic acid have been studied by the methods of molecular hydrodynamics and electric birefringence (both equilibrium and nonequilibrium). This work follows the previous studies of first- and second-generation dendrimers carried out in 2004-2006. The structure of the side dendritic substituent is shown below:



Two samples, P3-3 and P3-5, differed only in the molecular mass and both were studied in chloroform solutions. The processed experimental data is presented in the table and includes relaxation times ϕ, intrinsic viscosities [C], Maxwell constants Дn/Дϕ, Kerr constants K, molecular masses, masses of a single monomer unit, polymerization degrees, chain lengths and model coefficients F that characterize the dimensions and conformation of a molecule.

Sample	ϕ, s	[C], cm^3/g	$\frac{\Delta n}{\Delta \tau}$, s^2cm/g	K	MM	Mass of monomer unit	Polymerization degree	Chain length, E	F
P3-3	$(3 \pm 1) \cdot 10^{-6}$	14 ± 2	$(- 172 \pm 4) \cdot 10^{-10}$	$- 6 \cdot 10^{-8}$	$77 \cdot 10^3$	1656	46	115	0,04
P3-5	$\approx 2 \cdot 10^{-6}$	19 ± 2	$(- 208 \pm 4) \cdot 10^{-10}$	$- 1 \ldots 6 \cdot 10^{-8}$	$75 \cdot 10^3$	1656	45	113	0,12

The obtained values of Kerr and Maxwell constants for both samples seriously exceed the corresponding values for first- and second-generation dendrimers. These results may probably be explained by the increased equilibrium rigidity and by the possible spring-like conformation of the molecule which would lead to increased anisotropy per unit length.

The measured dispersion of electrical birefringence in the radio-frequency region of sinusoidal-pulsed electric field indicated that macromolecules of the third-generation cylindrical dendrimers undergo reorientation in the electric field according to the large-scale mechanism.

УДК 541 64 535 5 532 54

Динамика электрооптического эффекта в растворах сульфированного полистирола

Милькова Мария Александровна

Научный руководитель:
к.ф.-м.н. Михайлова М. Е., физический факультет СПбГУ

Изучение процессов самоорганизации в полимерных системах относится к числу наиболее актуальных проблем физико-химии полимеров. Особое место в ряду самоорганизующихся систем занимают иономеры с малым содержанием ионогенных групп в цепи. Ранее методами молекулярной гидродинамики было показано, что в слабополярных органических растворителях диполь-дипольные взаимодействия между ионогенными группами приводят к образованию внутримолекулярных мультиплетов, что уменьшает размеры макромолекул. Увеличение концентрации раствора иономера сопровождается образованием межмолекулярных мультиплетов [1]. Изучение динамики электрического двойного лучепреломления (ЭДЛ) в прямоугольно-импульсном поле в растворах сульфированного полистирола, содержащего 1,35 мол.% SO_3Na (СПNa) групп показало возрастание среднего времени свободной релаксации при увеличении концентрации раствора. Спектр времен релаксации содержал два времени, которые не зависели от концентрации [2].

В настоящей работе проведен анализ релаксации ЭДЛ в растворах сульфированного ПС, молекулы которого содержат 1,28 мол.% SO_3Zn (СПZn) в хлороформе. Динамику ЭДЛ наблюдали в прямоугольно-импульсном поле. Анализ процесса установления ЭДЛ, следующего за включением поля, показал, что измеряемый эффект представляет собой суперпозицию нескольких релаксационных процессов. После окончания действия импульса наблюдается релаксация ЭДЛ. Анализ полидисперсности образца по временам релаксации проводили с использованием методов регуляризации, дискретной экспоненты и “Peeling” метода [2]. Применение этих методов позволяет оценить не только значения времен релаксации, но и вклады, которые вносят соответствующие моды движения в наблюдаемое ЭДЛ.

Показано, что среднее время свободной релаксации ЭДЛ не проявляет концентрационной зависимости в изученном диапазоне концентраций. Обнаружено, что спектр времен релаксации сульфированного полистирола содержит две компоненты. Наименьшее время релаксации оказалось равным 2 мкс и практически не зависело от концентрации раствора. Большее время релаксации также практически не зависело от концентрации. Установлено, что вклады соответствующих релаксационных процессов в наблюдаемое ЭДЛ зависят от концентрации раствора. Уменьшение концентрации раствора ведет к возрастанию вклада быстрой релаксационной моды, что соответствует результатам, полученным ранее для СПNa [2].

[1] А. В. Лезов, А. Б. Мельников, Е. И. Рюмцев, Е. А. Лысенко, К. Н. Бакеев, W. J. MacKnight, А. Б. Зезин, В. А. Кабанов Высокомолекулярные соединения, 1998, 40(4), 625-631.
[2] Л. А. Добрун Сборник тезисов молодежной научной конференции “Физика и прогресс”, Санкт-Петербург, 2005, G-04.

Структура комплексов ДНК с производными актиноцина, содержащими в амидных группах алкил-амино-алкильные цепочки различной длины

Рычалина Ольга Николаевна

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Морошкина Е. Б., НИИ физики СПбГУ

Антибиотик актиномицин D и ряд его аналогов обладает противоопухолевой активностью, благодаря своей способности образовывать устойчивый комплекс с ДНК, нарушая тем самым ДНК-зависимый синтез РНК. Молекула актиномицина D состоит из актиноцинового хромофора и двух пентапептидных лактонных колец. Известно, что актиноциновый хромофор способен интеркалировать в двойную спираль ДНК, встраиваясь между парами азотистых оснований. При этом происходит увеличение контурной длины ДНК, которое приводит к возрастанию характеристической вязкости ДНК. Таким образом, увеличение характеристической вязкости ДНК при взаимодействии с лигандом является одним из основных признаков интеркаляционного связывания.

В данной работе методом вискозиметрии исследовалось взаимодействие ДНК с аналогами актиноцина D, содержащими в амидных группах актиноцинового хромофора диалкиламиноалкильные цепочки, различающиеся длиной алкильной цепи и размерами диалкиламино группы (рис.1). Соединения были синтезированы в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте. В качестве растворителя использовали 0,001 M NaCl.

Для нахождения способа связывания производных актиноцина с ДНК, определяли характеристическую вязкость ДНК в составе комплексов ДНК-лиганд при разном количестве лиганда в комплексе. Количество связанных молекул лиганда, приходящихся на пару оснований ДНК (r), было равно 0,2 и 0,4. Показано, что в этих условиях характеристическая вязкость ДНК заметно возрастает, что позволяет предположить интеркаляцию хромофора в двойную спираль ДНК. Расчеты показали, что помимо увеличения контурной длины макромолекулы, при интеркаляции актиноцинового хромофора происходит некоторое увеличение термодинамической жесткости. Исключением является соединение 1, имеющее наиболее короткую алкильную цепочку и незамещенную аминогруппу. При образовании его комплекса с ДНК характеристическая вязкость макромолекулы с ДНК не меняется. Можно предположить, что взаимодействие соединения 1 с ДНК происходит за счет протонированных аминогрупировок, а короткая алкильная цепочка не позволяет при этом актиноциновому хромофору встраиваться между парами азотистых оснований ДНК, т.е. интеркалировать.

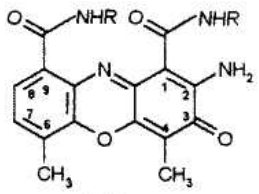


Рис.1

1. $CH_2CH_2NH_2$
2. $CH_2CH_2CH_2NH_2$
3. $CH_2CH_2CH_2CH_2NH_2$
4. $CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2NH_2$
5. $CH_2CH_2N(CH_3)_2$
6. $CH_2CH_2CH_2N(CH_3)_2$
7. $CH_2CH_2CH_2CH_2N(CH_3)_2$
8. $CH_2CH_2CNHNH_2$
9. $CH_2CH_2N(C_2H_5)_2$
10. $CH_2CH_2CH_2N(C_2H_5)_2$

УДК 539.21

Динамика эффекта Керра в расплавах сополимеров с мезогенными боковыми группами

Фискевич Тамара Сергеевна

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., ст. науч. сотр., доц. Полушин С. Г., физический факультет СПбГУ

Температурное изменение постоянной Керра K и времени релаксации τ ориентационного параметра порядка в изотропных расплавах низкомолекулярных ЖК аппроксимируется в рамках теории Ландау — Де Жена следующими соотношениями: $K \sim 1/(T-T^*)^{\gamma}$, $\tau \sim 1/(T-T^*)^{\gamma}$. Здесь T^* — температура мнимого фазового перехода 2 рода, $\gamma=1$. Те же зависимости справедливы для мезогенных полимеров. Вместе с тем, для полимерных ЖК было отмечено, что время релаксации τ начинает заметно отклоняться от закона $\tau \sim 1/(T-T^*)$ при удалении от температуры T_c фазового перехода нематик-изотропный расплав на несколько градусов,. Исследованию аномального изменения времени релаксации параметра порядка τ в сополимерах и посвящена данная работа. Для этого использованы методики регистрации электрооптического эффекта, которые позволяют отдельно исследовать два ориентационных механизма взаимодействия молекул жидкой фазы с внешним электрическим полем. Один из механизмов — мелкомасштабный процесс дипольно-ориентационной поляризации молекул и их подвижных частей. Другой механизм, крупномасштабный, связан с флуктуациями ориентационного параметра порядка в расплавах мезогенов.

Нами были исследованы изотропные расплавы нескольких гребнеобразных сополимеров акрилового ряда, содержавших мезогенные боковые группы $-COO(CH_2)_4OC_6H_4C_6H_4CN$, а также немезогенные боковые группы различной химической структуры, в том числе: ионогенные боковые группы $-COO^-Rb^+$; способные к образованию водородных связей группы –COOH; группы $-COOCH_3$.

В работе установлено, что поведение равновесной постоянной Керра K сополимеров хорошо описывается моделью Ландау — Де Жена. Мелкомасштабный дипольный релаксационный процесс, связанный с поворотом отдельных мезогенных групп вокруг их поперечных осей имеет хорошо известный активационный характер. Вместе с тем, в том же температурном интервале для всех сополимеров нами обнаружено очень быстрое уменьшение времен релаксации ориентационного параметра порядка τ при увеличении температуры. При этом происходит резкое изменение параметра γ: при температурах, на 6-10 градусов выше температуры фазового перехода в изотропную фазу, параметр γ меняется от 1 до 6. Объяснение этому следует, по-видимому, искать в том, что полимерные цепи при температурах вблизи фазового перехода влияют на динамику ориентационного движения среды, а при более высоких температурах, вследствие уменьшения корреляционной длины флуктуаций параметра порядка, мезогенные группы начинают ориентироваться в электрическом поле независимо от полимерных цепей.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 06-03-32686 и гранта Федерального агентства по науке и инновациям РИ-19.0/001/255.

УДК 541.64:537.533

Электрооптические и гидродинамические свойства полистирольных звезд с фуллереном C_{60} в качестве центра ветвления

Хлябич Петр Петрович

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., ст. науч. сотр., доц. Евлампиева Н. П., НИИ физики СПбГУ

Фуллерены C_{60} и C_{70} как углеродные наночастицы, обладающие уникальными физическими характеристиками, в настоящее время активно используются для создания новых полимерных материалов. Наиболее перспективным методом введения фуллеренов в состав полимера считается их ковалентное связывание с макромолекулами. При вариации способов присоединения C_{60}/C_{70} к полимерным цепям можно синтезировать фуллеренсодержащие полимеры с различной архитектурой макромолекул: например, дендримеры [1], полимерные структуры типа «ожерелья с подвесками» из молекул фуллерена, линейные полимеры с молекулами фуллерена в качестве концевых групп [2]. Степень влияния фуллеренов на исходные полимеры зависит от типа соединения между полимерной молекулой и каркасными наночастицами.

Целью данной работы было изучение молекулярных характеристик регулярных (шестилучевых) звездообразных полистиролов (**PS**) с фуллереном C_{60} в качестве центра ветвления (Рис. 1) в растворах. Варьировалась структура аддукта фуллерена, образующегося при синтезе полимерной макромолекулы в центре ее ветвления за счет использования различных низкомолекулярных адендов **A**. Методами гидродинамики, диэлектрики и электрооптического эффекта Керра были исследованы в бензоле два образца звездообразных полистиролов ($\mathbf{A_6C_{60}(PS)_6}$), структура адендов **A** которых показана на рис. 1.

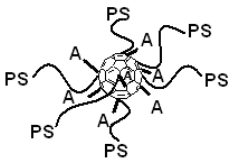


Рис. 1. Центральное ядро звездообразных полистиролов $\mathbf{A_6C_{60}(PS)_6}$.

В работе показано, что присутствие каркасных углеродных наночастиц в составе $\mathbf{A_6C_{60}(PS)_6}$ практически не влияет на такие характеристики макромолекул, как поступательная подвижность в растворе, размеры, характеристическая вязкость, удельный парциальный объем. Но в тоже время установлено, что диэлектрические и электрооптические характеристики $\mathbf{A_6C_{60}(PS)_6}$ возрастают более чем на порядок в сравнении с исходным **PS**. Установлено также, что замена водородных адендов **-H** на дейтерированные метильные группы $\mathbf{-CD_3}$ в составе $\mathbf{A_6C_{60}(PS)_6}$ приводит к изменению удельной диэлектрической поляризации и удельной электрооптической постоянной Керра этих соединений в сторону их увеличения.

[1] Yevlampieva N., Dardel B., Lavrenko P., Deschenaux R. // Chem. Phys. Lett. 2003. V. 382. N1-2. P. 32-40.
[2] Капрачева Г. П. // Высокомол. соед. 2000. Т.42. №11. С. 1974-2003.

Прикладные математика и физика

УДК: 532.217.3; 532.543.7; 537.84

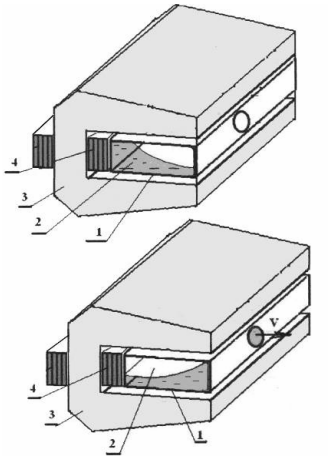
Магнитогидродинамический метод управления сливом жидкого металла из лотка в литейные формы

Боровинский Арсен Исаевич

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Кирко И. М., физический факультет
Пермского государственного университета

На современных заводах компании “РУСАЛ” стоит проблема регулирования потока жидкого алюминия, заливаемого из лотка миксера в литейные формы. Самый простой способ регулировать поток — механический, не всегда удобен. В данной работе предложена новая бесконтактная конструкция системы регулировки слива жидкого металла в формы, основанная на взаимодействии магнитного поля с продольным током. При этом одновременно действует эффект очистки поверхности металла от окислов, значительно ухудшающих его качество.

Пусть в боковой стенке лотка 1, заполненного жидким металлом 2, имеется отверстие слива жидкого металла в литейную форму. Лоток размещается внутри электромагнита, состоящего из магнитопровода 3 и шины обмотки 4. При пропускании по жидкому металлу, вдоль канала, электрического тока, жидкий металл, под действием силы Лоренца, притягивается к одной из стенок канала. Изменяя величину и направления токов, текущих по жидкому металлу и в шине обмотки, можно регулировать уровень жидкого металла, а, значит, и скорость заполнения формы жидким металлом.



Проведенные экспериментальные исследования на физической модели, показали эффективность предлагаемого метода.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Американского Фонда Гражданских Исследований и Развития (грант РЕ-009-0).

Условия возникновения стоячих волн на границе раздела сред

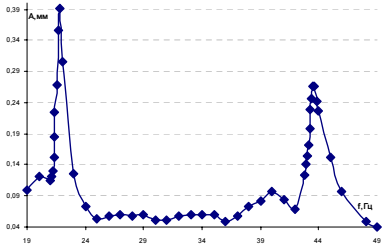
Водолажская И. В.

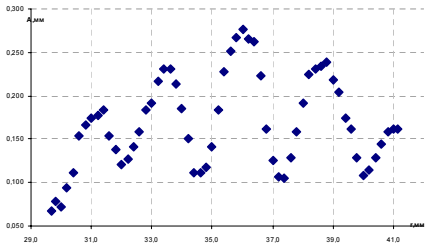
Научный руководитель:
доц. Шистеров А. П., кафедра общей физики
Пермского государственного университета

Цель настоящей работы состояла в определении условий возникновения стоячих волн на поверхности жидкости. Волновая поверхность в виде стоячей волны необходима в некоторых задачах по межфазной гидродинамике. В частности в задаче исследования не слипания двух объемов жидкостей одинакового химического состава. Для экспериментального изучения стоячей волны использовался метод капиллярных волн. В работе колебания волны создавались за счет вибраций, направленных вдоль вертикальной оси.

На вибростолик помещалась чашка Петри (прямоугольная кювета) с исследуемой жидкостью, а именно с химически чистым изопропиловым спиртом. Амплитуда и частота вибраций задавались при помощи генератора звуковых колебаний. Частота генератора контролировалась числовым частотомером. При наложении этих вибраций в чашке (кювете) на поверхности жидкости возникали капиллярные волны. Амплитуда капиллярных волн измерялась с помощью лазерно-оптического датчика. Сам датчик был подключен через интерфейсный блок к компьютеру. Положение датчика можно было изменять в горизонтальной плоскости при помощи двухкоординатного столика с точностью до 0,01 мм.

Используя метод определения максимальной амплитуды, был построен график зависимости критической амплитуды от частоты. Откуда были найдены две частоты (для данного объема жидкости), при которых на поверхности жидкости возникают стоячие волны: 21,8 Гц и 43,6 Гц (для чашки Петри), 20,8 Гц и 41,6 Гц (для прямоугольной кюветы). Для данных частот был построен волновой фронт, произведено преобразование Фурье от соответствующего сигнала.





Также в ходе работы был сделан теоретический расчет частот возникновения стоячей волны. В дальнейшем планируется использовать полученные результаты для изучения эффекта коагуляции.

[1] Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика ч.1 М. (1963).
[2] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теоретическая физика т.VI М. (1986).
[3] Физические величины, справочник. М.(1991).

Parametrical Convection in the Microgravity. Ground-based Modeling

Иванов Н. А.

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., Зюзгин А. В., кафедра общей физики
Пермского государственного университета

The investigations of vibration and inertial mechanisms of buoyancy driven convection under microgravity conditions were started on board of the Orbital Station “MIR” in 1995-2000 during Russian–French experiments with the “DACON” and “ALICE” apparatuses. This problem was developed intensively through the last 10 years because of the strong influence of micro-accelerations on the technological experiments in space. Now the new “DAKON-M” equipment is preparing for the studies of convection on the International Space Station. For preparation of this space experiment the ground-based modeling of the influence of parametrical convection on the flow stability was made.

In this work the influence of low and frequency oscillations of inertia field upon the convective stability of fluid flow in the vertical fluid layer, closed between two isothermal plates with the different temperatures, is investigated. It is found that the low frequency modulation of gravity field causes instability of basic elevate-lowering flow what raises the horizontal jets because of heat and mass transfer intensification between the front and rear flows. When the frequency is increased, the new mode with the vertical jets arises because of the parametrical excitation of a resonance mode of convection. After the following increase of frequency, vertical jets interact with horizontal jets. While the governing parameters are rather big we can observe nonstationary chaotic interaction of convection modes.

The work was supported by Russian Foundation for Basic Research and Administration of Perm Region, Russia, under grant 04-02-96038.

УДК 537.9, 519.688

Система цифрового синхронного детектирования сигнала электронного парамагнитного резонанса

Левантовский Александр Александрович

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доц. Комолкин А. В., НИИ физики СПбГУ

Методы модуляции и демодуляции сигналов широко применяются при регистрации различных физических явлений. В частности, модуляция и демодуляция сигнала используется при дифференциальном прохождении спектра электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и ядерного магнитного резонанса. Демодуляция сигнала может быть произведена аналоговым или цифровым способом. В докладе описывается разработанный метод цифрового синхронного детектирования, который позволяет упростить электронную схему спектрометра ЭПР, увеличить отношение сигнал/шум.

Генератор низкочастотного модуляционного сигнала не синхронизирован с АЦП, поэтому для работы алгоритма регистрируются два сигнала: опорный сигнал от генератора низкой частоты и сигнал от датчика ЭПР. Методом наименьших квадратов по опорному сигналу находится его частота, после чего сигнал этой частоты выделяется из сигнала датчика ЭПР, находится его амплитуда, разность фаз между сигналом ЭПР и опорным сигналом. Из амплитуды и разности фаз рассчитывается спектр образца.

Особенностью реализации является применение одного коммутируемого АЦП, на который поочередно подаются два сигнала. Алгоритм, реализованный в виде подпрограммы, должен быть включен в существующую управляющую программу спектрометра ЭПР, работающую в режиме реального времени, т. е. программа должна успевать обрабатывать принятые данные за промежуток времени между регистрациями.

Предварительные тесты показали, что при одинаковом времени регистрации сигнала данный метод дает лучшее отношение сигнал/шум, чем примененный в настоящее время аналоговый синхронный детектор.

Работа частично поддержана грантом Санкт-Петербурга в сфере научной и научно-технической деятельности «Разработка мобильного информационно-аналитического комплекса на основе малогабаритного спектрометра ЭПР для биологических, медицинских, экологических приложений».

УДК: 532.253;532.3;532.5.011

Экспериментальное исследование возможных скоростей шаров, дрейфующих во вращающейся жидкости

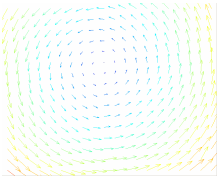
Шатрова Е. Ф.

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. Братухин Ю. К., кафедра общей физики
Пермского государственного университета

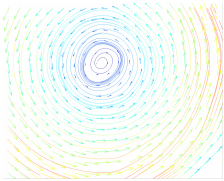
Исследование движения тел во вращающихся жидкостях представляется важным в практическом отношении. Эти вопросы активно изучаются в нефтяной, металлургической и других отраслях промышленности, в метеорологии и экологии, в медицине и биологии.

Экспериментальная установка состоит из оптически прозрачной цилиндрической кюветы, медицинской центрифуги «ELMI CM-6M» и системы наблюдения. Так же в эксперименте для построения поля скорости используется прибор PIV (Particle Image Velosimetry). В качестве тестового объекта используются твердые частички сферической формы, помещенные во вращающуюся жидкость. Набор шаровых тел изготовлен из термопластелина при температуре 300°C. Рабочие жидкости: дистиллированная вода и силиконовое масло. Минимальная скорость вращения жидкости 100 обор/мин. Рабочая температура T=(23±2) °C.

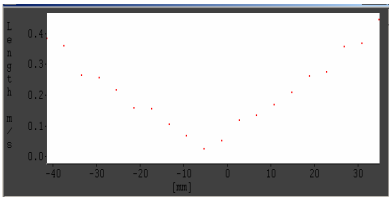
В ходе эксперимента был получен профиль скоростей, которые может приобрести тело, если задать ему определенные начальные условия.



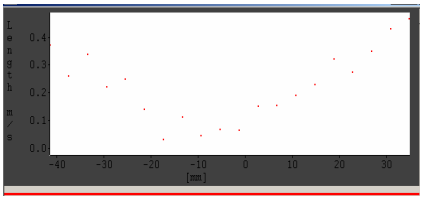
Усредненное поле скорости для твердого тела



Усредненное поле скорости с линиями тока для жидкости



Профиль скорости для твердого тела



Профиль скорости для жидкости

Обработка данных производится с помощью программ: VideoWave 4, Origin 5.0, FlowMaster62, DaVis.

Работа выполнена при финансовой поддержке Американского Фонда Гражданских Исследований и Развития (грант РЕ-009-0).

Общая физика — Центр ПОИСК

Methods of statistical physics used to describe the internal structure of human languages: simple models, analogies and discussion

Ilya Martchenko
St Petersburg State University
ilyamartch@mail.ru

In this paper we demonstrate analogies between physical models describing canonical ensembles in classical statistical physics and empirical laws established for structure and behavior of human languages.

In recent years, many statistical theories and numerical methods have successfully been used to explain different aspects of human languages such as competition and natural selection [1], extinction rate [2], sharp transition in vocabularies [3], resemblance to Hamiltonian mechanics leading to universality of Zipf's constant or growth of children's vocabulary with time [4].

In physics, temperature corresponds to the measure of the average energy of the particles in a system and is an intensive property of this system (not depends on the system size or the mass within). We define **linguistic temperature of a human** as a value corresponding to the average skills of a certain human to speak, write and use largest possible vocabulary. Thus, **l.t.** is an intensive property of a human being.

In physics, energy of a particle is generally understood as "the potential for causing changes". Analogically, we define **linguistic energy of a word** as its effectiveness in expressing special needs. Thus, the words ‘to make’ or ‘to drink’ being more frequent, have lower energy than the words 'to conjugate’ or ‘to substitute’.

Distribution function for the fractional number of usages N_i / N of *i-th* word that possesses the energy E_i is proposed to be given by the Boltzmann distribution:

$$\frac{N_i}{N} = \frac{g_i e^{-E_i/k_B T}}{Z(T)}$$

where k_B is the constant, T is temperature (assumed to be understood in linguistic meaning), g_i is the degeneracy, or number of states having linguistic energy E_i, N is the total number of words in produced speech or text, and $Z(T)$ is the partition function equal to:

$$Z(T) = \sum_i g_i e^{-E_i/k_B T}$$

Such analogy leads to important quantative and qualitative results that seem to be in good agreement with **Zipf-Mandelbrot’s law** (that states that the frequency of any word is roughly inversely proportional to its rank in the frequency table), with **fluctuation theory** that explains why loan words, slang or neologisms show low linguistic energy for short time but quickly become usefulness and/or neutral.

Despite of the preliminary character of obtained results and dependences, we have figured out that an approach to the human language as to the canonical ensemble of words leads to simple explanation of experimental facts that could be treated only qualitatively before. The determined analogies seem to be widely applicable, consequently providing an interdisciplinary theory that may hopefully be used to explain more language properties. Our further work will include the analysis of analogies with the virial theorem, quantum statistics and continuity law.

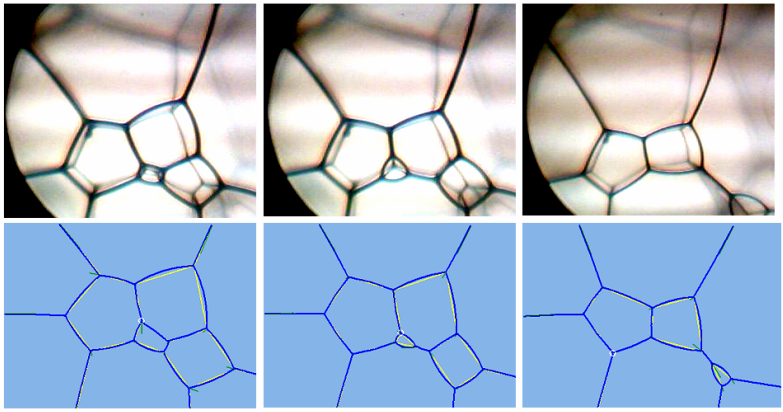
[1] C. Schulze, D. Stauffer, 2006, arXiv:physics/**0603215**
[2] D. M. Abrams, S. H. Strogatz, Nature **424**, 900, 2003
[3] A. Baronchelli et al., arXiv:physics/**0509075**
[4] K. Kosmidis, A. Kalampokis and P. Argyrakis, Physica A, Vol. **366**, 2006, pp. 495-502

Internal structure and elastic properties of aqueous foams evolving in time: a computer simulation, microscopic photography and acoustic study

Ilya Martchenko, Dmitry Martchenko
St Petersburg State University
ilyamartch@mail.ru

The physics of aqueous foams is a subject of intensive research in recent years and has come to be deeply understood. The spatial structure in 2D and 3D cases, the dynamic effects (including drainage) and macroscopic elasticity have been described both theoretically and experimentally. Nevertheless, many open questions still remain, like the role of foam's internal structure in the rheology and propagation of elastic oscillations at microscopic and macroscopic levels.

Our work in 2005-2006 included the development of computer program simulating the evolution of foam's spatial structure over time and comparison of this simulation with original microscopic videos. In this paper we describe the simple physical algorithms used to develop this program. Equality of surface tension forces leading to the 120є-knods, sliding of bubble walls and drifting diffusion rates were taken into account. With our precision of initial data, the program correctly predicts up to 10-15 generations of topologic changes in bubbles' mutual position. This result can be improved if the initial conditions of the experiment are measured more precisely. An example of correlation between real video and the simulation is shown below:



The simulation of elastics oscillations in foam with our program and comparison with experiments is of great interest. Although the propagation of ultrasound in coarsening foam have been studied before [1], no reliable data is known for evolution of foams with relatively large bubbles (0.1 to 10 mm) and audible-frequency region of sound.

We have performed number of measurements with soap aqueous foams of different average bubble size, making a conclusion that sound speed in foam is generally lower than in pure water and in pure air, that sound speed increases with time and reaches sound speed in air in wet foams (because wet foams drain and lose their density), but in dry foams the sound speed decreases with time (because the average density is constant but the average size of bubble is increasing due to the gas diffusion and leading to the rise of compressibility). Our theoretical and numerical approaches to elastic oscillations of bubble walls show good agreement with experimental data.

[1] N. Mujica, S. Fauve. *Sound velocity and adsorbtion in a coarsening foam*. Submitted to PRE, *Dec. 2001*

Методы стабилизации одиночного и многозвенного перевернутого маятника

Порецкий А., физический факультет СПбГУ
Селиванов А., академическая гимназия СПбГУ

Стабилизация твердых тел в пространстве в случае, когда точка приложения силы не совпадает с его центром инерции, представляет собой важную научную и практическую задачу. Примером движения таких систем могут служить полет ракеты, движение баржи, толкаемой буксиром, человеческая ходьба или перемещение канатоходца и т. д. В каждом из подобных случаев существует момент сил, стремящихся вывести систему из положения неустойчивого равновесия. Для возвращения в положение равновесия нужно создать момент сил, возвращающий ее к положению равновесия. Изучению данной проблемы посвящено большое количество исследований. Без них было бы невозможно создание в недавнем времени человекоподобных роботов, способных ходить, бегать, танцевать, подниматься или спускаться по лестнице.

Существует много способов стабилизации таких систем. В данной работе было рассмотрены четыре способа стабилизации на примере простейшей системы — перевернутого маятника:

- стабилизация под воздействием внешней силы,
- стабилизация с помощью гироскопа,
- горизонтальное перемещение точки подвеса,
- вертикальные колебания точки подвеса.

Первый способ является тривиальным — он сводится к движению обыкновенного маятника около положения устойчивого равновесия. Второй использует закон сохранения момента количества движения и хорошо описан в литературе. Третий способ требует создания чувствительной системы обратной связи, разработки алгоритма возвращения маятника к положению равновесия с учетом предыстории его движения, что существенно осложняется в случае многозвенного маятника. Основное внимание в работе было уделено последнему способу.

Результаты работы:

- Была создана экспериментальная установка для стабилизации маятника на основе гироскопического эффекта.
- Были созданы две экспериментальные установки для стабилизации перевернутого маятника с помощью вертикальных колебаний точки подвеса.
- Были стабилизированы однозвенный и двухзвенный маятники.
- Экспериментально получен и теоретически обоснован тот факт, что маятник стабилизируется по направлению колебаний точки опоры при отсутствии поля тяжести.
- Полученные экспериментально зависимости критического угла стабилизации от частоты колебаний и длины однозвенного маятника хорошо согласуются с теоретическими расчетами.
- Рассмотрена известная из литературы теоретическая модель колебаний перевернутого маятника в терминах эффективной потенциальной энергии и на ее основе создана теоретическая модель колебаний двухзвенного математического маятника с произвольными плечами и массами.
- Выведены условия устойчивости произвольного двухзвенного маятника.

The behaviour of liquid in sponge-like materials

Andrey Uskov

Sientific advicer:
Lebedeva E. L., PhD, Research Institute of Physics of Saint-Petersburg State University

We report of propetys of flow of liquid inside of sponge-like materials. It was shown that the conductivity factor $k = \frac{dP}{dl}$, where P is pressure decay, l is liquid's path is proportional to liquid's viscosity only when the velocity is low enough. In other case $k \sim V^2$, where V is velocity of the flow. The following dependence was cheked both experimentally and with help of computational modeling.

It was shown experimentally that in some cases the unusual structures can appear on top of material. These structures appear because the liquid is getting away from the material because of high pressure inside of material.

The dependence of size of the structure on jet's parameters was computated.

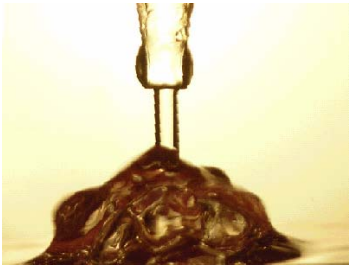


Fig. 1. Jet of water is hitting the surface of a sponge

Отпечатано копировально-множительным участком отдела обслуживания учебного процесса физического факультета СПбГУ.
Приказ № 571/1 от 14.05.03.
Подписано в печать 23.10.06 с оригинал-макета заказчика.
Ф-т 30х42/4, Усл. печ. л.5,5 Тираж 100 экз., Заказ № 445/с
198504, СПб, Ст. Петергоф, ул. Ульяновская, д. 3, тел. 428-43-00.