

ВЕСТНИК

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия 4 | 2010 | ФИЗИКА
Выпуск 2 | Июнь | ХИМИЯ

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. ИЗДАЁТСЯ С АВГУСТА 1946 ГОДА

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- Мальшиев М. Ю., Прохvatилов Е. В.* Калибровочно-инвариантная регуляризация КХД на световом фронте в пространстве с поперечной решёткой 3
- Золотухин С. И., Курасов В. Б.* Приближённое изучение эффекта перекрытия областей истощения в кинетике зародышеобразования 8
- Павлов В. А.* Физический механизм уменьшения сопротивления за счёт слабой ионизации пограничного слоя при обтекании тела дозвуковым потоком 16
- Шаров Т. В., Пулькин С. А., Козлов В. В.* Спектроскопическое исследование зондов сканирующих зондовых микроскопов 23
- Анисимов Ю. И., Машек А. Ч., Метельский К. Е., Рябчиков Е. Л.* Импульсное получение паров металлов на основе электродинамических дисперсных сред ... 28
- Рамазанов Р. Р., Щёголев Б. Ф., Сурма С. В., Касьяненко Н. А.* Исследование комплексов *цис*- и *транс*-ДДП с молекулой ДНК методами молекулярной динамики и квантовой химии 32

ХИМИЯ

- Русанов А. И.* Нанонаука как она есть 41
- Малев В. В., Соловьёва Т. Г., Никифорова Т. Г.* Оценка параметров электроосаждения меди по данным импедансной спектроскопии 49
- Погуляйченко Н. А., Седунова А. Ю., Толстопятова Е. Г., Кондратьев В. В.* Композитные электродные материалы на основе поли-3,4-этилендиокситиофена с включениями частиц золота для создания вольтамперометрических сенсоров на аскорбиновую кислоту и допамин 62



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ОСНОВАН В 1724 ГОДУ
1824 – ГОД ВЫХОДА В СВЕТ ПЕРВОГО ИЗДАНИЯ УНИВЕРСИТЕТА

© Авторы статей

© Издательство

Санкт-Петербургского университета, 2010

<i>Полуляхова Н. Н.</i> Исследование кинетики сорбции на синтезированном ионите ...	71
<i>Крохина О. А., Постнов В. Н.</i> Минерально-углеродные сорбенты для хроматографического разделения фуллеренов	79
<i>Москвин Л. Н.</i> Экоаналитические проблемы атомной энергетики и способы их решения	85
КРАТКИЕ НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ	
<i>Белов П. А., Яковлев С. Л.</i> Новый асимптотический подход к проблеме трёхчастичного развала	95
<i>Гагин А. В., Яревский Е. А.</i> Численное моделирование спектра и структурных свойств ван-дер-ваальсова тримера аргона с помощью трёхмерного метода конечных элементов	99
<i>Градусов В. А., Яревский Е. А.</i> Нецентральные потенциалы в представлении полного углового момента и 0^+ состояния ядра ^{12}C	103
<i>Григорьев Ю. А.</i> Программное обеспечение для построения переменных разделения в уравнении Гамильтона–Якоби	107
<i>Монахов В. В., Керницкий И. Б.</i> Аппаратная реализация вычислительных алгоритмов с помощью инструментов алгоритмического синтеза	113
<i>Монахов В. В., Керницкий И. Б., Спиридонов В. В., Седов Г. М., Балашова Е. А., Зыкова А. Е., Фомкин С. В.</i> Методика интеграции внешних математических библиотек с языком Java	118
<i>Пузырев Д. А., Яревский Е. А.</i> Использование CUDA BLAS в решении квантовой задачи трёх частиц методом конечных элементов высоких порядков	123
<i>Гусев И. М., Скрипкин М. Ю., Бурков К. А.</i> Объёмные эффекты разбавления в системах $\text{NR}_4\text{Br}-\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CuBr}_2-\text{NR}_4\text{Br}-\text{H}_2\text{O}$ ($\text{R} = \text{Me}, \text{Et}, \text{nBu}$) при 25°C	127
<i>Кучек А. Э., Мельничук Ю. И., Шуткевич В. В., Грибанова Е. В.</i> Исследование адсорбционных свойств наноразмерных ферромагнитных марганец-цинковых шпинелей в сравнении с ферритообразующими оксидами	131
<i>Чиркст Д. Э., Лобачёва О. Л., Берлинский И. В., Черемисина О. В.</i> Исследование механизма ионной флотации иттербия	137
РЕФЕРАТЫ	143
SUMMARIES	149
CONTENTS	153
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	154

РЕФЕРАТЫ

УДК 539.12.01

Малышев М. Ю., Прохвятилов Е. В. **Калибровочно-инвариантная регуляризация КХД на световом фронте в пространстве с поперечной решёткой** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 3–7.

Вводится новая калибровочно-инвариантная регуляризация в квантовой хромодинамике (КХД), приспособленная к моделированию непертурбативных вакуумных эффектов в КХД на световом фронте (СФ) путём моделирования динамики нулевых мод Фурье полей на СФ. Библиогр. 16 назв.

Ключевые слова: квантование на световом фронте, калибровочно-инвариантная регуляризация.

УДК 536.4.033

Золотухин С. И., Курасов В. Б. **Приближённое изучение эффекта перекрытия областей истощения в кинетике зародышеобразования** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 8–15.

Рассмотрена кинетика фазового перехода первого рода. Выведена теоретическая поправка на эффект перекрытия областей истощения вокруг растущих зародышей новой фазы. Приводятся результаты численного расчёта этой поправки и результирующей скорости фазового перехода. Полученные теоретические оценки сравниваются с результатами компьютерного моделирования процесса фазового перехода. Библиогр. 6 назв. Ил. 5.

Ключевые слова: нуклеация, кинетика.

УДК 533.9.01, 533.951.7, 533.98

Павлов В. А. **Физический механизм уменьшения сопротивления за счёт слабой ионизации пограничного слоя при обтекании тела дозвуковым потоком** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 16–22.

Дано объяснение физической сущности явления эффективного воздействия плазменного регулятора на обтекание тел дозвуковым потоком и на снижение сопротивления. Библиогр. 14 назв.

Ключевые слова: плазменный регулятор, пограничный слой, турбулентность, слабая ионизация, дрейфово-диссипативная неустойчивость.

УДК 539.21, 539.18

Шаров Т. В., Пулькин С. А., Козлов В. В. **Спектроскопическое исследование зондов сканирующих зондовых микроскопов** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 23–27.

Зонды сканирующих зондовых микроскопов с характерными размерами от 20 нанометров и меньше рассматриваются как квантово-размерные структуры с дискретными уровнями энергии. Расстояние между уровнями энергии зависит от геометрических размеров зонда. Предлагается измерять эти размеры спектроскопическими методами, регистрируя оптические переходы между уровнями. Предложена теоретическая оценка частот оптических переходов и схема эксперимента по спектроскопическому диагностированию излучения рассеянного (поглощённого) зондом. Библиогр. 10 назв. Ил. 2.

Ключевые слова: зонд, квантово-размерные структуры, квантовая яма, оптическая спектроскопия.

УДК 537.525

Анисимов Ю. И., Машек А. Ч., Метельский К. Е., Рябчиков Е. Л. **Импульсное получение паров металлов на основе электродинамических дисперсных сред** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 28–31.

Предложен новый способ импульсного получения паров металлов с использованием электродинамических дисперсных систем. Суть подхода состоит в испарении с помощью электрического разряда частиц электродинамической взвеси размером в несколько микрон. Произведённые расчёты показывают высокую эффективность вложения энергии подобным образом, а также высокую предполагаемую концентрацию атомов. Описаны эксперименты по испарению частиц меди, алюминия и вольфрама. Библиогр. 14 назв. Табл. 2.

Ключевые слова: электродинамическая дисперсная среда, электрический разряд.

УДК 577.323.23

Рамазанов Р. Р., Щёголев Б. Ф., Сурма С. В., Касьяненко Н. А. **Исследование комплексов *цис*- и *транс*-ДДП с молекулой ДНК методами молекулярной динамики и квантовой химии** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 32–40.

Моделирование образования комплекса *цис*- и *транс*-ДДП с молекулой ДНК в водно-солевом растворе проводилось с помощью методов квантовой химии и молекулярной механики. Рассчитанные силовые постоянные внутренних степеней свободы и распределение электронной плотности комплексных ионов платины были использованы в молекулярной динамике. Устанавливались би- и монодентатные связи платины с ДНК по позиции N₇ на гуанинах в водно-солевом окружении. Проводилось исследование конформационного пространства с целью исследования механизма взаимодействия образованных комплексов. При проведении моделирования монодентатного связывания комплексов платины с ДНК было показано существование барьера для образования второй координационной связи платины с противоположным гуанином по позиции N₇ гуанина. В результате расчётов бидентатного связывания отмечалось значительное конформационное изменение молекулы ДНК при связывании с *цис*-ДДП и разрушение системы в целом при связывании с *транс*-ДДП. Библиогр. 31 назв. Ил. 5. Табл. 2.

Ключевые слова: *цис*-ДДП, *транс*-ДДП, ДНК, силовые постоянные, квантовая химия, молекулярная механика, конформация комплекса.

УДК 541.18.02

Русанов А. И. **Нанонаука как она есть** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 41–48.

Объясняется концепция нанонауки и на примерах показывается существование классической (в отличие от квантовой) нанонауки. Рассматриваются зависимость когезионной энергии и растворимости малой частицы от её размера. Обсуждаются особенности поведения мицелл поверхностно-активных веществ: резкий переход к образованию мицелл при малых концентрациях, отсутствие свойств зародышей макроскопических фаз, неподчинение уравнению Оствальда-Фрейндлиха для растворимости и уменьшение концентрации поверхностно-активного иона с увеличением брутто-концентрации ионного поверхностно-активного вещества выше критической концентрации мицеллообразования. Библиогр. 10 назв. Ил. 6.

Ключевые слова: нанонаука, наночастицы, мицеллы, поверхностно-активные вещества.

УДК 544.653.3

Малев В. В., Соловьёва Т. Г., Никифорова Т. Г. **Оценка параметров электроосаждения меди по данным импедансной спектроскопии** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 49–61.

На основе анализа импеданса двухстадийного электровосстановления ионов Cu^{+2} проводится обработка результатов соответствующих измерений по электроосаждению меди из кислых перхлоратных и сульфатных растворов. В области частот, не превосходящих 300 Гц, наблюдается хорошее соответствие экспериментальных и теоретических результатов, что позволяет установить значения константы скорости перезарядки $\text{Cu}^{+2}/\text{Cu}^{+1}$ и коэффициента переноса этой стадии процесса. В области более высоких частот наблюдаемые зависимости составляющих импеданса не согласуются с используемой простой схемой процесса, что, возможно, связано с неточностью их определений при значениях частот колебаний, близких и больших 10 кГц. Библиогр. 6 назв. Ил. 3. Табл. 2.

Ключевые слова: импеданс медного электрода, константы скорости, коэффициент переноса.

УДК 544.634-039.7+543.552+543.64

Погуляйченко Н. А., Седунова А. Ю., Толстопятова Е. Г., Кондратьев В. В. **Композитные электродные материалы на основе поли-3,4-этилендиокситиофена с включениями частиц золота для создания вольтамперометрических сенсоров на аскорбиновую кислоту и допамин** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 62–70.

Изучено электрохимическое поведение композитных пленок PEDOT/Au, полученных при химическом осаждении ультрадисперсных частиц золота в полимерную матрицу поли-3,4-этилендиокситиофена. Характеристика пленок проведена методами циклической вольтамперометрии, энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа и ПЭМ. Изучены возможности использования полученных

композитных материалов для вольтамперометрического определения аскорбиновой кислоты и допамина в растворах фосфатного буфера. Библиогр. 27 назв. Ил. 7.

Ключевые слова: композитные материалы, поли-3,4-этилендиокситиофен, наночастицы золота, циклическая вольтамперометрия, вольтамперометрическое определение, аскорбиновая кислота, допамин.

УДК 541.183

Полуляхова Н. Н. Исследование кинетики сорбции на синтезированном ионите // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 71–78.

Исследована кинетика ионного обмена на неорганическом ионите. Экспериментальные данные охарактеризованы в рамках математически сформулированных кинетических моделей. Показано, что ионный обмен ионов Cl^- на совместно осаждённых гидроксидах алюминия и магния лимитируется диффузией ионов в транспортных порах гранул и с учётом этого хорошо аппроксимируется моделью ионного обмена на бипористых сорбентах. Библиогр. 20 назв. Ил. 4. Табл. 1.

Ключевые слова: ионы, сорбент, кинетика, обмен.

УДК 541.183

Крохина О. А., Постнов В. Н. Минерально-углеродные сорбенты для хроматографического разделения фуллеренов // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 79–84.

Разработана методика синтеза минерально-углеродных сорбентов, основанная на циклической обработке поверхности макропористого кремнезёма парами спиртов, с последующим пиролизом привитых групп. Исследование образцов сорбентов методами электронной сканирующей микроскопии, ртутной порометрии, методом БЭТ, показало, что при циклическом наращивании углерода на поверхность кремнезёма существенно не изменяется пористая структура исходной матрицы и не происходит сокращения удельной поверхности, что определяет возможность использования полученных сорбентов в хроматографии фуллеренов. Установлен оптимальный состав минерально-углеродных сорбентов, использованных в процессе хроматографического разделения фуллеренов. При этом выход фуллерена C_{70} на образце 5,3 % углерода, полученного с использованием в качестве реагента бензилового спирта, достигал 93 %. Библиогр. 5 назв. Ил. 3. Табл. 5.

Ключевые слова: фуллерены, минерально-углеродные сорбенты, кремнезём.

УДК 621.039

Москвин Л. Н. Экоаналитические проблемы атомной энергетики и способы их решения // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 85–94.

В качестве одного из условий перехода от тепловой энергетики к атомной рассмотрены различные аспекты проблем обеспечения экологической безопасности последней с акцентом на методы экоаналитического контроля. Показано, что достижения современной радиохимии и аналитической химии адекватны проблемам обеспечения экологической безопасности атомной энергетики и позволяют создать полностью автоматизированные системы экоаналитического контроля. Библиогр. 6 назв. Ил. 5. Табл. 4.

Ключевые слова: экология, атомная энергетика, экоаналитический контроль.

УДК 519.632.4

Белов П. А., Яковлев С. Л. Новый асимптотический подход к проблеме трёхчастичного развала // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 95–98.

Работа посвящена численному исследованию граничной задачи, моделирующей трёхчастичный процесс рассеяния частицы на связанной паре частиц с последующим развалом данной пары. Исследуемая модельная задача получается из дифференциального уравнения для компоненты Фаддеева волновой функции после проецирования на состояния с нулевым орбитальным моментом во всех парах трёхчастичной системы. Граничная задача решена численно. На основе асимптотического подхода для представления решения найдена компонента Фаддеева амплитуды развала. Полученные результаты согласуются с результатами работ других авторов. Библиогр. 4 назв. Ил. 2.

Ключевые слова: трёхчастичные системы, задача рассеяния, уравнения Фаддеева, амплитуда развала, краевая задача.

УДК 539.194

Гагин А. В., Яревский Е. А. **Численное моделирование спектра и структурных свойств ван-дер-ваальсова тримера аргона с помощью трёхмерного метода конечных элементов** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 99–102.

С помощью трёхмерного метода конечных элементов исследован колебательно-вращательный спектр ван-дер-ваальсова тримера аргона. Изучено влияние трёхчастичных сил на спектр. Исследованы статистические характеристики системы. Библиогр. 9 назв. Ил. 1. Табл. 2.

Ключевые слова: тример аргона, колебательно-вращательный спектр, численное моделирование, статистический ансамбль.

УДК 539.143.32

Градусов В. А., Яревский Е. А. **Нецентральные потенциалы в представлении полного углового момента и 0^+ состояния ядра ^{12}C** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 103–106.

Нецентральные потенциалы часто используются в задачах ядерной физики для описания парных взаимодействий. В данной работе такие потенциалы исследуются в представлении полного углового момента для систем трёх частиц. Показано, как могут быть вычислены матричные элементы таких потенциалов при разложении решения по базису конечных элементов. Предложен алгоритм, позволяющий существенно повысить эффективность вычисления матричных элементов. С использованием разработанных методов были проведены расчёты ядра ^{12}C в рамках 3α -модели. Исследованы различные характеристики 0^+ связанного состояния и резонансов, проведено сравнение с другими теоретическими результатами. Библиогр. 12 назв. Ил. 1. Табл. 1.

Ключевые слова: 3α -кластерная модель ^{12}C , представление полного углового момента, метод конечных элементов, нецентральные потенциалы.

УДК 517.9+531.01

Григорьев Ю. А. **Программное обеспечение для построения переменных разделения в уравнении Гамильтона–Якоби** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 107–112.

Рассматривается автоматизированный метод построения переменных разделения в уравнении Гамильтона–Якоби и построения интегралов движения для класса L-систем. Представлена реализация метода в системе символьных вычислений Maple, рассмотрены примеры использования созданного программного обеспечения для исследования различных конечномерных интегрируемых систем. Библиогр. 10 назв.

Ключевые слова: интегрируемые системы, уравнение Гамильтона–Якоби, разделение переменных, интегралы движения.

УДК 519.68, 534.4

Монахов В. В., Керницкий И. Б. **Аппаратная реализация вычислительных алгоритмов с помощью инструментов алгоритмического синтеза** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 113–117.

Описан процесс алгоритмического синтеза с помощью ПО Mentor Graphics Catapult C. Впервые реализована масштабируемая реализация алгоритма БПФ с параметризацией при помощи рекурсивных шаблонов, обеспечивающая возможность последующего синтеза в Mentor Graphics Catapult C. Показано, что производительность созданной с помощью инструментов алгоритмического синтеза аппаратной реализации алгоритмов на основе ПЛИС сопоставима с производительностью процессоров персональных компьютеров. Описаны недостатки компилятора Catapult C, снижающие возможности его применения для аппаратной реализации библиотек алгоритмов на основе ПЛИС. Библиогр. 4 назв. Ил. 2.

Ключевые слова: ПЛИС, БПФ, алгоритмический синтез, обработка сигналов, рекурсивные шаблоны, Catapult C.

УДК 519.68

Монахов В. В., Керницкий И. Б., Спиридонов В. В., Седов Г. М., Балашова Е. А., Зыкова А. Е., Фомкин С. В. **Методика интеграции внешних математических библиотек с языком Java** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 118–122.

Описывается методика подключения библиотек математических алгоритмов к программам, написанным на языке программирования Java. Методика основана на разделении программного кода на 3

уровня и размещении массивов во внешней по отношению к Java памяти. Продемонстрирована реализация трёхуровневой схемы на примере подключения пакета LAPACK и его аналогов (MKL и ACML). Показано, что библиотека MKL с ядром, оптимизированным для архитектуры Intel Core 2, способна обеспечить на 4-ядерном процессоре ускорение вычислений по сравнению с LAPACK до 15 раз. Библиогр. 2 назв. Ил. 2. Табл. 1.

Ключевые слова: высокопроизводительные вычисления, Java, LAPACK, MKL, ACML.

УДК 530.145.61, 519.632.4

Пузырев Д. А., Яревский Е. А. **Использование CUDA BLAS в решении квантовой задачи трёх частиц методом конечных элементов высоких порядков** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 123–126.

Исследуется применение библиотеки CUDA BLAS для решения квантовой задачи трёх частиц, описываемой уравнением Шрёдингера. Расчёт матричных элементов потенциала для метода конечных элементов высоких порядков сводится к последовательному умножению матриц относительно небольших размерностей. Для последовательности таких операций на CUDA BLAS удаётся добиться достаточно высокой эффективности. Библиогр. 5 назв. Ил. 2.

Ключевые слова: высокопроизводительные вычисления, вычисления на графических процессорах, метод конечных элементов, малочастичные квантовые системы.

УДК 544.351.2

Гусев И. М., Скрипкин М. Ю., Бурков К. А. **Объёмные эффекты разбавления в системах $\text{NR}_4\text{Br}-\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CuBr}_2-\text{NR}_4\text{Br}-\text{H}_2\text{O}$ ($\text{R} = \text{Me}, \text{Et}, \text{nBu}$) при 25 °C** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 127–130.

Проанализированы объёмные эффекты разбавления бинарных и тройных водных растворов, содержащих бромиды тетраалкиламмония. Показано, что гидрофобная гидратация катионов тетраалкиламмония приводит к положительным изменениям объёма при разбавлении. Объёмные свойства концентрированных растворов определяются в случае NMe_4Br достраиванием льдоподобной структуры за счёт вытесненных из полостей молекул воды, а для NBu_4Br – сорбцией молекул воды катион-катионными ассоциатами в растворе. Библиогр. 13 назв. Ил. 2. Табл. 1.

Ключевые слова: dilatометрия, гидрофобная гидратация, льдоподобная структура воды, катион-катионные ассоциаты.

УДК 541.18:537

Кучек А. Э., Мельничук Ю. И., Шуткевич В. В., Грибанова Е. В. **Исследование адсорбционных свойств наноразмерных ферромагнитных марганец-цинковых шпинелей в сравнении с ферритообразующими оксидами** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 131–136.

Методом сосаждения синтезирован ряд образцов Mn-Zn-шпинелей и ферритообразующих оксидов железа, цинка и марганца, на которых в дальнейшем проводились опыты по изучению адсорбции красителей (Конго Красный) и ионов металлов (Cu^{2+} и Pb^{2+}). Проведённые исследования показали, что увеличение удельной поверхности далеко не всегда приводит к улучшению адсорбционных свойств рассматриваемых сорбентов, поскольку при этом наблюдалось уменьшение удельной адсорбции сорбируемого вещества. Образцы Mn-Zn-шпинелей показали высокие величины адсорбции ионов Cu^{2+} и Pb^{2+} , из чего можно сделать вывод о перспективной возможности их использования в качестве сорбентов без дополнительных модификаций поверхности. Величины адсорбции Cu^{2+} и Pb^{2+} на изученных оксидах несколько ниже, чем на шпинелях, и сильно различаются между собой. Эти данные можно использовать при планировании составов синтезируемых на производстве феррошпинелей, а также для модифицирования поверхности сорбентов с целью достижения максимальной селективности сорбции. Библиогр. 7 назв. Ил. 4. Табл. 1.

Ключевые слова: феррошпинели, оксиды, адсорбция, Конго Красный, ионы Cu^{2+} и Pb^{2+} .

УДК 546.65:541.8

Чиркст Д. Э., Лобачёва О. Л., Берлинский И. В., Черемисина О. В. **Исследование механизма ионной флотации иттербия** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 2. С. 137–142.

Представлены результаты экспериментального и теоретического исследования процесса флотации в системе, содержащей катионы иттербия(+3) и поверхностно-активное вещество – додецилсульфат

натрия. Методом кондуктометрического титрования определены энергии Гиббса образования гидроксида, моно- и дигидроксикомплексов эрбия(3+), равные $-1266,74 \pm 3,90$ кДж/моль, $-849,17 \pm 3,03$ кДж/моль и $-1050,47 \pm 3,22$ кДж/моль, соответственно. Получена зависимость коэффициента распределения иттербия(3+) в процессе ионной флотации с додецилсульфатом натрия от pH равновесной водной фазы. Сопоставление значений pH извлечения с pH гидратообразования позволяет заключить, что иттербий флотируется в форме основного додецилсульфата дигидроксииттербия. Библиогр. 16 назв. Ил. 2. Табл. 1.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, ионная флотация, иттербий, термодинамические характеристики флотационного процесса.

SUMMARIES

Prokhorov I. I. Gauge-invariant regularization of QCD on the light front with the lattice in “transverse” coordinates.

A new gauge invariant regularization in quantum chromodynamics (QCD) adjusted to modelling non-perturbative vacuum effects in QCD on the light front (LF) via modeling the dynamics of zero Fourier modes of the fields on the LF is introduced.

Key words: light front quantization, gauge-invariant regularization.

Zolotarev S. I., Kurasov V. B. Approximate account of the depletion regions overlapping in kinetics of nucleation.

Kinetics of the first order phase transition is considered. The theoretical correction for the overlapping of depletion regions around growing embryos is derived. The results of the numerical computation for this correction are given. The theoretical estimates are compared with the results of numerical simulation.

Key words: nucleation, kinetics.

Pavlov V. A. A physical mechanism of resistance decrease at the expense of weak boundary layer ionization in subsonic flow around the body.

An explanation of physical mechanism of efficient plasma regulator effect on subsonic flow around a body and resistance decrease is formulated.

Key words: plasma regulator, boundary layer, turbulence, weak ionization, drift-dissipative instability.

Sharov T. V., Pulkin S. A., Kozlov V. V. Spectroscopic study of probes of scanning probe microscopes.

Probes of scanning probe microscopes with characteristic dimensions of 20 nanometers and less are considered as quantum-size structures with discrete energy levels. The distance between the energy levels depends on the geometric dimensions of the probe. We propose to measure these dimensions by spectroscopic methods by way of detecting the optical transitions between the levels. We give a theoretical estimate of the frequencies of the optical transitions and propose an experimental setup for spectroscopic diagnostics of the radiation scattered (absorbed) by the probe.

Key words: probe, quantum-size structures, quantum well, optical spectroscopy.

Anisimov Yu. I., Mashek A. Ch., Metel'sky K. E., Ryabchikov E. L. Pulse evaporation of metals by using electrodynamic dispersed media.

A new method of metal vapor impulse producing with the use of electrodynamic disperse systems is suggested. The approach contains an evaporation with the help of an electrodynamic disperse system of particles of electrodynamic suspension in the size of few micron. The estimations show high efficiency of energy delivering by a similar way and high prospective concentration of atoms. Evaporation experiments of copper, aluminium and tungsten particles are described.

Key words: EDDS, electrodynamically dispersed media, electrical discharge.

Ramazanov R. R., Shchegolev B. F., Surma S. V., Kasyanenko N. A. Research of *cis*- and *trans*-ddp complexes with DNA molecule by methods of molecular dynamics and quantum chemistry.

Quantum chemistry and molecular mechanics (MM) methods were used to model the formation of *cis*- or *trans*- DDP complex with DNA molecule in water-salt solution. Force constants and electron density distribution for platinum complexes obtained in quantum chemical calculations were used in MM calculations. Bi- and mono- dentate Pt bonds with N7 guanine atom from DNA molecule were analyzed. The barrier existence was shown for the second coordinate bond formation of Pt with opposite N7 guanine atom of DNA. MM results showed significant DNA molecule conformational changes during bi-dentate binding with *cis*-DDP and whole system destruction when binding with *trans*-DDP.

Key words: *cis*-ddp, *trans*-ddp, DNA, force constant, quantum chemistry, molecular mechanic, conformation of complexes.

Rusanov A. I. Nanoscience as it is.

A concept of nanoscience is explained and the existence of classical (as distinguished from quantum) nanoscience is shown. The dependence of the cohesion energy and solubility of a small particle on its size is considered. The peculiarities of surfactant micelles behavior are discussed: a dramatic passage to micellization at small concentrations, the absence of properties of nuclei of macroscopic phases, not obeying the Ostwald–Freundlich equation for solubility, and a decrease in the concentration of a surface-active ion with increasing the total concentration of an ionic surfactant above the critical micelle concentration.

Key words: nanoscience, nanoparticles, micelles, surfactants.

Malev V. V., Solovyeva T. G., Nikiforova T. G. Estimation of copper electrodeposition parameters from impedance spectroscopy data.

Impedance spectroscopy data obtained for the copper electrodeposition from acid perchlorate and sulfuric solutions are treated by using the corresponding theoretical results for a two-step electroreduction of Cu^{+2} -ions. A good agreement between the experimental and theoretical results is observed in the range of frequencies not exceeding 300 Hz, which allows one to establish the rate constant of the $\text{Cu}^{+2}/\text{Cu}^{+1}$ electroreduction process and its transfer coefficient. In the range of higher frequencies the measured impedance constituents are inconsistent with those given by the used simple scheme of the process. This probably results from possible errors in experimental determination of the impedance constituents at high frequencies being near or more than 10 kHz.

Key words: impedance of copper electrode, rate constants, transfer coefficient.

Pogulyachenko N. A., Sedunova A. Yu., Tolstopyatova E. G., Kondratiev V. V. Application of poly-3,4-ethylenedioxythiophene-based composite electrode materials with incorporation of gold nanoparticles for voltammetric sensors on ascorbic acid and dopamine.

Electrochemical behaviour of PEDOT/Au composite films obtained by electroless deposition of gold into polymer matrix of poly-3,4-ethylenedioxythiophene (PEDOT) was investigated. Composite films were characterised by cyclic voltammetry, EDX and TEM analysis. The possibility of application of PEDOT/Au composite as a voltammetric sensor on ascorbic acid and dopamine was studied.

Key words: composite materials, poly-3,4-ethylenedioxythiophene, gold nanoparticles, cyclic voltammetry, voltammetric detection, ascorbic acid, dopamine.

Polulyahova N. N. The research of sorption kinetics on synthetic ionite.

Ionic exchange kinetics on inorganic ionite was investigated. Experimental data were characterized in frame of mathematically formulated kinetic models. It was shown that the ionic exchange of chloride ions on jointly precipitated hydroxides of aluminum and magnesium is limited by diffusion of ions in transport time of granules and with the account of this it was good approximated by an ionic exchange model on bi-porous sorbents.

Key words: ions, sorbent, kinetics, exchange.

Krokhina O. A., Postnov V. N. Mineral-carbonic sorbents for chromatographic fullerene separation.

Separation of fullerenes and obtaining them in pure state is still a challenging task for researchers. The attention of scientific community has been drawn to fullerenes and nanotubes, buckytubes, because of their unique chemical and physical properties and prospects of using. In the course of separation of fullerenes by liquid chromatography, mineral-carbonic sorbents (Sorbent was based on a silica matrix. A set of carbonic layers was applied step by step on the surface of the matrix) were used as a stationary phase, the following fractions have been obtained: fullerene C_{70} with purity of 98 % and specific yield of 93 %.

Key words: fullerene, mineral-carbonic sorbents, silica.

Moskvin L. N. Atomic energetics environmental problems and methods of solution.

As one of the conditions of transition from thermal power to nuclear one various aspects of problems of ecological safety maintenance of latter with the stress on methods of ecoanalytical control are considered. It is shown that achievements of modern radiochemistry and analytical chemistry are adequate to the problems of ecological safety maintenance facing atomic engineering, and allow creating fully-automated systems of ecoanalytical control.

Key words: ecology, atomic energetics, environmental control.

Belov P. A., Yakovlev S. L. A new asymptotic approach to three-body break-up.

The model equation for the radial part of the Faddeev wave function component has been solved using the asymptotic approach. The equation and the asymptotic boundary conditions appeared from a bispherical expansion of the wave function components. The partial Faddeev component of the break-up amplitude has been calculated. The numerical results are in excellent agreement with the calculations of the other authors.

Key words: three-body systems, scattering problem, Faddeev equations, break-up amplitude, boundary value problem.

Gagin A. V., Yarevsky E. A. Numerical modeling of van der Waals argon trimer eigen energies and structural properties with three-dimensional finite element method.

The rovibrational eigen energies of the van der Waals argon trimer have been studied with the three-dimensional finite element method. The influence of three-body forces on the spectrum, and statistical properties of the trimer have been discussed.

Key words: argon trimer, rovibrational spectrum, numerical modeling, statistical ensemble.

Gradusov V. A., Yarevsky E. A. Angular-dependent potentials in total angular momentum representation and 0^+ states of ^{12}C nucleus.

0^+ states of ^{12}C nucleus are studied in the 3α -cluster model. The three-dimensional finite element method in the total angular momentum representation is used to investigate a three-body problem. The use of angular-dependent potentials in the total angular momentum representation is discussed.

Key words: 3α -cluster model of ^{12}C nucleus, total angular momentum representation, finite element method, angular-dependent potentials.

Grigoryev Yu. A. Software for calculating separation variables in the Hamilton–Jacobi equation.

An automatic method is discussed that allows to calculate the separation variables in the Hamilton–Jacobi equation and the integrals of motion for a given system belonging to the family of L-systems. Implementation of this method in the symbolic calculation system Maple is presented together with some examples of applying the created software to perform the analysis of various finite-dimensional integrable systems.

Key words: integrable systems, Hamilton–Jacobi equation, separation of variables, integrals of motion.

Monahov V. V., Kernitsky I. B. Hardware implementation of numerical algorithms with algorithmic synthesis tools.

The process of algorithmic synthesis utilizing Mentor Graphics workflow is described. FFT implementation for algorithmic synthesis that uses C++ templates for parameterization is introduced. It is shown that performance of FFT implementation for Virtex 5 FPGA is comparable with modern PC CPUs. It is shown that the main drawback of Catapult C flow which significantly limits its capabilities for implementation of algorithm libraries for FPGA is the lack of standard components for interaction with dynamic memory (DDR) and standard interfaces (USB).

Key words: FPGA, FFT, signal processing, algorithmic synthesis, HLS, recursive C++ templates, Catapult C.

Monahov V. V., Kernitsky I. B., Spiridonov V. V., Sedov G. M., Balashova E. A., Zykova A. E., Fomkin S. V. Technique of integration of external mathematical libraries with Java programming language.

The technique of integration of mathematical algorithm libraries with Java software is described. The technique is based on dividing a program code into 3 levels and external with respect to java virtual machine memory array allocation. Implementation of the three-level scheme on an example of LAPACK package and its analogues (MKL and ACML) is discussed. It is shown that MKL library with a core, optimized for Intel Core 2 architecture, running on quad core CPU is capable to provide speedup up to 15 times compared to LAPACK library.

Key words: high performance computations, HPC, Java, LAPACK, MKL, ACML.

Puzyrev D. A., Yarevskiy E. A. CUDA BLAS in the high-order finite element method applied to the quantum three-body problem.

The use of general-purpose computing on graphics processing units (GPGPU) which leads to considerable speedup in many of computationally demanding tasks becomes popular in various areas of research. NVIDIA CUDA is one of the main GPGPU architectures. The applicability of the CUDA BLAS library to the solution of the three-body quantum problem described with the Schrödinger equation is investigated. The calculation of matrix elements of potential has been reduced to a sequence of low-size matrix multiplications. Although these operations are not optimal for GPGPU, we have managed to get sufficiently good results when performing these calculations with CUDA BLAS. On the available GPUs the speed of computations is comparable to that of modern CPUs. Hence we expect a considerable speedup of calculations with future GPGPU technologies.

Key words: high-performance computing, GPGPU, finite element method, quantum few-body systems.

Gusev I. M., Skripkin M. Yu., Burkov K. A. Volumetric effects of dilution in the systems $\text{NR}_4\text{Br}-\text{H}_2\text{O}$ and $\text{CuBr}_2-\text{NR}_4\text{Br}-\text{H}_2\text{O}$ ($\text{R} = \text{Me}, \text{Et}, \text{nBu}$) at 25 °C.

The analysis of volumetric effects of dilution of binary and ternary aqueous solutions of tetraalkylammonium bromides was undertaken. The positive changes of volume under dilution were explained in terms of hydrophobic hydration of organic cations. The properties of concentrated solutions were explained by increasing contribution of ice-like water structure for NR_4Br and by sorption of water molecules by cation-cation associates in solutions for NMe_4Br .

Key words: dilatometry, hydrophobic hydration, ice-like water structure, cation-cation associates.

Kuchek A. E., Melnichuk Yu. I., Shutkevich V. V., Gribanova E. V. Research of adsorption properties of nanometrical ferromagnetic manganese-zinc spinels in comparison with ferrite-forming oxides.

Adsorption of Congo Red and also ions of toxic metals, lead and copper, (on reaction with 4 [2-pyridylazo]-resorcin (PAR) was studied with the aid of spectrophotometry. Experiments were carried out on samples of manganese-zinc ferrosinels, and also oxides Fe_2O_3 , ZnO and manganese oxide by the method of chemical coprecipitation synthesized by us. The results obtained allow drawing a conclusion that the increase in a specific surface does not always result in improvement of sorbent adsorption properties. It is also possible to conclude that the examined samples of manganese-zinc ferrosinels are in itself sufficiently good adsorbents. It is necessary to note that the discovered difference in sizes of metal ion adsorption for investigated oxides has a great practical significance in planning the content of ferrosinels synthesized at manufactures and also for modifying a surface of sorbents with the purpose of achieving the maximal sorption as well as its selectivity.

Key words: ferrosinels, oxides, adsorption, Congo Red, Cu^{2+} and Pb^{2+} ions.

Chirkst D. E., Lobacheva O. L., Berlinsky I. V., Cheremisina O. V. Thermodynamic investigation of the ytterbium(+3) ion flotation.

The experimental results and thermodynamic investigation of $\text{Yb}(+3)$ ion flotation in aqueous systems with a surface active substance are presented. On the base of the data of the conductivity the values of Gibb's energies of the ytterbium(+3) hydroxides formation were determined. The distribution coefficients of $\text{Yb}(+3)$ in the process of ion flotation were calculated. It was shown that $\text{Yb}(+3)$ is removed in the dihydroxide dodecylsulfate form.

Key words: surface-active substances, ion flotation, $\text{Yb}(+3)$, thermodynamic data of the flotation process.

CONTENTS

Physics

<i>Prokhrvatilov E. V.</i> Gauge-invariant regularization of QCD on the light front with the lattice in “transverse” coordinates.....	3
<i>Zolotukhin S. I., Kurasov V. B.</i> Approximate account of the depletion regions overlapping in kinetics of nucleation.....	8
<i>Pavlov V. A.</i> A physical mechanism of resistance decrease at the expense of weak boundary layer ionization in subsonic flow around the body.....	16
<i>Sharov T. V., Pulkhin S. A., Kozlov V. V.</i> Spectroscopic study of probes of scanning probe microscopes.....	23
<i>Anisimov Yu. I., Mashek A. Ch., Metel'skiy K. E., Ryabchikov E. L.</i> Pulse evaporation of metals by using electrodynamical dispersed media.....	28
<i>Ramazanov R. R., Shchegolev B. F., Surma S. V., Kasyanenko N. A.</i> Research of <i>cis</i> - and <i>trans</i> -ddp complexes with DNA molecule by methods of molecular dynamics and quantum chemistry.....	32

Chemistry

<i>Rusanov A. I.</i> Nanoscience as it is.....	41
<i>Malev V. V., Solovyeva T. G., Nikiforova T. G.</i> Estimation of copper electrodeposition parameters from impedance spectroscopy data.....	49
<i>Pogulyachenko N. A., Sedunova A. Yu., Tolstopyatova E. G., Kondratiev V. V.</i> Application of poly-3,4-ethylenedioxythiophene-based composite electrode materials with incorporation of gold nanoparticles for voltammetric sensors on ascorbic acid and dopamine.....	62
<i>Polulyahova N. N.</i> The research of sorption kinetics on synthetic ionite.....	71
<i>Krokhina O. A., Postnov V. N.</i> Mineral-carbonic sorbents for chromatographic fullerene separation.....	79
<i>Moskvin L. N.</i> Atomic energetics environmental problems and methods of solution.....	85

Brief scientific notes

<i>Belov P. A., Yakovlev S. L.</i> A new asymptotic approach to three-body break-up date.....	95
<i>Gagin A. V., Yarevsky E. A.</i> Numerical modeling of van der Waals argon trimer eigen energies and structural properties with three-dimensional finite element method....	99
<i>Gradusov V. A., Yarevsky E. A.</i> Angular-dependent potentials in total angular momentum representation and 0^+ states of ^{12}C nucleus.....	103
<i>Grigoryev Yu. A.</i> Software for calculating separation variables in the Hamilton–Jacobi equation.....	107
<i>Monahov V. V., Kernitskiy I. B.</i> Hardware implementation of numerical algorithms with algorithmic synthesis tools.....	113
<i>Monahov V. V., Kernitskiy I. B., Spiridonov V. V., Sedov G. M., Balashova E. A., Zykova A. E., Fomkin S. V.</i> Technique of integration of external mathematical libraries with Java programming language.....	118
<i>Puzyrev D. A., Yarevsky E. A.</i> CUDA BLAS in the high-order finite element method applied to the quantum three-body problem.....	123
<i>Gusev I. M., Skripkin M. Yu., Burkov K. A.</i> Volumetric effects of dilution in the systems $\text{NR}_4\text{Br}-\text{H}_2\text{O}$ and $\text{CuBr}_2-\text{NR}_4\text{Br}-\text{H}_2\text{O}$ ($\text{R} = \text{Me, Et, nBu}$) at 25°C	127
<i>Kuchek A. E., Melnichuk Yu. I., Shutkevich V. V., Gribanova E. V.</i> Research of adsorption properties of nanometrical ferromagnetic manganese-zinc spinels in comparison with ferrite-forming oxides.....	131
<i>Chirkst D. E., Lobacheva O. L., Berlinskiy I. V., Cheremisina O. V.</i> Thermodynamic investigation of the ytterbium(+3) ion flotation.....	137

Papers	143
---------------------	-----

Summaries	149
------------------------	-----

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Анисимов Юрий Иванович*: кандидат физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, yu_anis@mail.ru
- Балашова Екатерина Александровна*: бакалавр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, магистрантка, balashovak@rambler.ru
- Белов Павел Алексеевич*: бакалавр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, магистрант, pavelbelov@gmail.com
- Берлинский Игорь Вячеславович*: Санкт-Петербургский государственный горный институт, аспирант, bgarris@yandex.ru
- Бурков Ким Александрович*: доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, gusev-i@yandex.ru
- Гагин Антон Викторович*: Санкт-Петербургский государственный университет, студент, a.gagin@yahoo.com
- Градусов Виталий Александрович*: Санкт-Петербургский государственный университет, студент, gradusov@users.mns.ru
- Грибанова Елена Владимировна*: доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, egribanova@yandex.ru
- Григорьев Юрий Александрович*: магистр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, yu.yu.grigoryev@gmail.com
- Гусев Илья Михайлович*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, gusev-i@yandex.ru
- Золотухин Святослав Игоревич*: бакалавр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, магистрант, tothejudge@rambler.ru
- Зыкова Александра Евгеньевна*: бакалавр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, магистрантка, balashovak@rambler.ru
- Касьяненко Нина Анатольевна*: доктор физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, nkasyanenko@mail.ru
- Керницкий Игорь Богданович*: магистр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, k_i@rambler.ru
- Козлов Виктор Викторович*: кандидат физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, старший научный сотрудник, victor.kozlov@email.com
- Кондратьев Вениамин Владимирович*: доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, vkondratiev@mail.ru
- Крохина Ольга Александровна*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирантка, okrolik@mail.ru
- Курасов Виктор Борисович*: доктор физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, victor_kurasov@yahoo.com
- Кучек Анастасия Эдуардовна*: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, младший научный сотрудник, kuchkobrazz@yandex.ru
- Лобачёва Ольга Леонидовна*: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, научный сотрудник, olga-59@yandex.ru

Малев Валерий Вениаминович: доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, заведующий кафедрой, valerymalev@gmail.com

Мальшиев Михаил Юрьевич: бакалавр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, магистрант, mimalysh@yandex.ru

Машек Александр Чеславович: доктор физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, mashek@paloma.spbu.ru

Мельничук Юрий Иванович: Санкт-Петербургский государственный университет, студент, melyuri@mail.ru

Метельский Константин Евгеньевич: магистр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, konstantinmet@gmail.com

Монахов Вадим Валериевич: кандидат физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, v.v.monahov@mail.ru

Москвин Леонид Николаевич: доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, заведующий кафедрой, moskvinln@yandex.ru

Нижифорова Тамара Григорьевна: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, tn1329@mail.ru

Павлов Валерий Андреевич: доктор физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, pavlov.valery@mail.ru

Погуляйченко Надежда Алексеевна: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирантка, nadya_spring@mail.ru

Полуляхова Надежда Николаевна: кандидат химических наук, Кубанский государственный технологический университет, доцент, nadin444@mail.ru

Постнов Виктор Николаевич: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, postnovvn@rambler.ru

Прохватилев Евгений Васильевич: доктор физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, ведущий научный сотрудник, evgeni.prokhvat@pobox.spbu.ru

Пузырев Дмитрий Андреевич: Санкт-Петербургский государственный университет, студент, dmitry_puzurev@yahoo.com

Пулькин Сергей Александрович: доктор физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, sergpulkin@gmail.com

Рамазанов Руслан Рафьядинович: Санкт-Петербургский государственный университет, магистрант, kubastyi@yahoo.com

Русанов Анатолий Иванович: академик РАН, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, заведующий кафедрой, rusanov@ar1047.spb.edu

Рябчиков Егор Львович: магистр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, yegor001@mail.ru

Седов Георгий Михайлович: бакалавр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, магистрант, radist.morse@gmail.com

Седунова Александра Юрьевна: Санкт-Петербургский государственный университет, студентка, sandramercury@mail.ru

Скрипкин Михаил Юрьевич: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, skripkin1965@yandex.ru

Соловьёва Татьяна Геннадьевна: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирантка, 1404_tanja.s@mail.ru

Спирidonов Владимир Владимирович: бакалавр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, магистрант, vlads@front.ru

Сурма Сергей Викторович: кандидат технических наук, Институт физики им. Павлова РАН, научный сотрудник, svb-infran@yandex.ru

Толстопятова Елена Геннадьевна: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, старший преподаватель, elena_tolstopjat@mail.ru

Фомкин Сергей Вадимович: Санкт-Петербургский государственный университет, студент, fomi4_1@mail.ru

Черемисина Ольга Владимировна: кандидат технических наук, Санкт-Петербургский государственный горный институт, доцент, olgacheremisina@yandex.ru

Чиркст Дмитрий Эдуардович: доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный горный институт, профессор, olga-59@yandex.ru

Шаров Тарас Владимирович: магистр физики, Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, sharovstr@gmail.com

Шуткевич Владимир Владимирович: кандидат химических наук, фирма «Сириус», заместитель генерального директора, zaquusha1@gambler.ru

Щёголев Борис Федорович: кандидат химических наук, Институт физики им. Павлова РАН, старший научный сотрудник, shcheg@mail.ru

Яковлев Сергей Леонидович: доктор физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, заведующий кафедрой, yakovlev@cph10.phys.spbu.ru

Яревский Евгений Александрович: кандидат физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, yarevsky@gmail.com