

# В Е С Т Н И К

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия 4 | 2010 | ФИЗИКА  
Выпуск 3 | Сентябрь | ХИМИЯ

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. ИЗДАЁТСЯ С АВГУСТА 1946 ГОДА

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА

- Вечернин В. В., Лакомов И. А., Пучков А. М.* Средний поперечный импульс, множественность и их корреляция в  $pp$ -столкновениях в модели слияния струн ..... 3
- Чугунов В. А.* Влияние гидростатического давления на энергию оптических переходов в квантовых точках InAs/GaAs ..... 17
- Каликулов О. А., Садуев Н. О., Оскомов В. В.* Установка для регистрации электронно-фотонной компоненты космического излучения на высоте 850 м над уровнем моря ..... 26
- Ашмарина Ю. Б., Яновская Т. Б.* Функция направленности приповерхностного источника типа двойной пары сил ..... 30
- Минаев К. В., Груздев М. В., Овчинникова Н. Е., Вайднер А. О., Иванов В. С., Совков В. В.* Сверхтонкая структура в спектрах двухатомных молекул: точная и приближённая схемы расчётов ..... 39
- Кшевещкая М. А., Шевкунов И. А.* Моделирование плазмы разряда низкого давления в смеси аргона и паров воды ..... 48

### ХИМИЯ

- Иванов-Павлов Д. А., Конаков В. Г., Голубев С. Н., Ушаков В. М., Пивоваров М. М., Соловьёва Е. Н.* Эволюция гелей на основе систем  $ZrO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Y_2O_3$ - $ZrO_2$ - $TiO_2$  при их последовательной термической обработке ..... 53
- Чежнина Н. В., Фёдорова А. В.* Влияние природы заместителей на эффекты ближнего порядка в магниторезистивных манганитах ..... 62
- Пенькова А. В., Маркелов Д. А., Тойжка А. М.* Термодинамическое моделирование процесса испарения бинарных растворов через мембрану ..... 68



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

© Авторы статей

© Издательство

Санкт-Петербургского университета, 2010

<i>Коротких О. П., Кочурова Н. Н., Виноградова М. С., Абдуллин Н. Г., Гермашева И. И.</i> Изучение поверхностных свойств водных растворов пентадецилсульфата натрия .....	77
<i>Юдович В. М., Морозова С. Е., Юдович М. Е., Тойжка А. М., Пономарёв А. Н.</i> Физико-механические и мембранные свойства наномодифицированного композита эпоксисилово-астрален .....	82
<i>Соколов И. А., Мурын И. В., Крийт В. Е., Гальперина А. Я.</i> Температурно-концентрационная зависимость электрической проводимости калиево-фосфатных стёкол .....	90

#### КРАТКИЕ НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

<i>Павлов В. А.</i> Классификация наночастиц аргона по их размерам .....	97
<i>Кшевецкая М. А., Поберовский А. В.</i> Система архивирования солнечных ИК-спектров высокого разрешения для задач дистанционного зондирования атмосферы .....	100
<i>Пупышев В. В.</i> Строение волновых функций систем трёх частиц вблизи точки тройного удара .....	105
<i>Виницкий С. И., Гусев А. А., Чулуунбаатар О.</i> Решение краевых задач шрёдингеровского типа методом Канторовича .....	111
<i>Гринюк Б. Е., Сименюк И. В.</i> Асимптотические свойства структурных функций ядер ${}^6\text{Li}$ и ${}^6\text{He}$ в рамках трёхчастичной модели .....	116
<i>Картавец О. И., Малых А. В.</i> Универсальные свойства ультрахолодных двухкомпонентных систем трёх частиц .....	121
<i>Кузнецов Р. А., Богданов Р. В.</i> Ядерно-химические аспекты захоронения концентратов радиоактивных отходов в земной коре .....	126
<i>Лобачёва О. Л., Чиркст Д. Э., Берлинский И. В.</i> Ионная флотация катионов цериевой группы с применением поверхностно-активного вещества .....	131
<i>Чиркст Д. Э., Литвинова Т. Е., Лобачёва О. Л., Луцкий Д. С., Тойжка М. А.</i> Извлечение церия(III) и иттрия(III) из нитратных сред методами ионной флотации и жидкостной экстракции .....	135
<i>Чан Куанг Тунг, Молчанов А. П.</i> 1,3-Диполярное циклоприсоединение триарилнитронов к малеидамидам .....	139
РЕФЕРАТЫ .....	142
SUMMARIES .....	148
CONTENTS .....	152
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ .....	154

## РЕФЕРАТЫ

УДК 539.125.17

Вечернин В. В., Лакомов И. А., Пучков А. М. **Средний поперечный импульс, множественность и их корреляция в  $pp$ -столкновениях в модели слияния струн** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 3–16.

Предложена простая модель, позволяющая учесть эффект слияния цветных струн в  $pp$ -взаимодействиях. На её основе разработан монте-карловский алгоритм и проведены расчёты неупругого сечения, множественности и среднего поперечного импульса заряженных частиц, образующихся при  $pp$ -столкновениях в широком диапазоне начальных энергий. Показано, что при использовании общепринятого значения радиуса струны 0,2–0,3 фм рассчитанный рост среднего поперечного импульса с энергией оказывается несколько меньше экспериментально наблюдаемого, что, возможно, связано с дополнительным вкладом жёстких процессов, который не может быть учтён в рамках представленного подхода. Показано также, что при увеличении радиуса струны до 0,4 фм удаётся практически полностью объяснить рост среднего поперечного импульса с энергией в  $pp$ -взаимодействиях эффектом слияния струн. Найденное значение неупругого сечения  $pp$ -рассеяния практически не зависит от выбора радиуса струны и хорошо согласуется с экспериментальными данными. В рамках разработанной модели сделан прогноз значения наблюдаемых для  $pp$ -столкновений при энергиях БАК. Найдена корреляционная функция для дальних корреляций между средним поперечным импульсом и множественностью. Библиогр. 34 назв. Ил. 7. Табл. 1.

*Ключевые слова:* сильное взаимодействие, высокие энергии, множественное рождение, элементарные частицы, поперечный импульс, множественность, корреляции.

УДК 621.315.592

Чугунов В. А. **Влияние гидростатического давления на энергию оптических переходов в квантовых точках InAs/GaAs** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 17–25.

На основе экспериментов при различных температурах и давлениях проведено исследование фотолюминесценции десятислойной гетероструктуры InAs/GaAs с квантовыми точками (КТ) в камере с лейкосапфирными наковальнями. По совокупности проведённых измерений построена температурная зависимость спектрального положения наблюдаемых максимумов при различных значениях гидростатического давления. Обнаружены некоторые отклонения при сопоставлении полученных данных с теоретически ожидаемыми. Предложена модель, объясняющая наблюдаемые аномалии, основанная на существовании внутренних механических напряжений и электрических полей, возникающих внутри КТ и в материале барьера. Библиогр. 15 назв. Ил. 4.

*Ключевые слова:* фотолюминесценция, гетероструктура, квантовые точки InAs/GaAs, гидростатическое давление, барический коэффициент.

УДК 53.084.2

Каликулов О. А., Садуев Н. О., Оскомов В. В. **Установка для регистрации электронно-фотонной компоненты космического излучения на высоте 850 м над уровнем моря** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 26–29.

Приведена качественная картина частного случая порождения электронно-фотонной компоненты при прохождении первичных космических лучей через земную атмосферу и одного из методов их регистрации на высоте 850 м над уровнем моря. Библиогр. 10 назв. Ил. 2.

*Ключевые слова:* электронно-фотонная компонента, космическое излучение, земная атмосфера, регистрация на высоте 850 м над уровнем моря, годоскопический модуль.

УДК 550.348.2

Ашмарина Ю. Б., Яновская Т. Б. **Функция направленности приповерхностного источника типа двойной пары сил** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 30–38.

Объектом исследования является поле сейсмического источника в виде точечной сдвиговой дислокации, расположенной вблизи поверхности на глубине, много меньшей излучаемой длины волны. Сильным эквивалентом такого источника служит двойная пара сил. Задача построения поля продольной волны в дальней зоне решается на основе функций Грина для источника на границе полупространства. Путём численного моделирования определены амплитуды смещения от источника типа двойной пары

сил, которые сравниваются с амплитудами таких же источников в безграничном пространстве. На основе этого сравнения делаются выводы о различии в амплитудах и положении нодальных плоскостей для приповерхностного и заглубленного источника. Библиогр. 11 назв. Ил. 6.

*Ключевые слова:* механизм очага землетрясения, диаграмма направленности, функция Грина для полупространства, двойная пара сил, главные оси тектонических напряжений.

УДК 539.19

Минаев К. В., Груздев М. В., Овчинникова Н. Е., Вайднер А. О., Иванов В. С., Совков В. Б. **Сверхтонкая структура в спектрах двухатомных молекул: точная и приближённая схемы расчётов** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 39–47.

Получены выражения для матричных элементов гамильтониана тонкого и сверхтонкого взаимодействий в изолированном мультиплете двухатомной молекулы в базисах  $a_{\beta}$  и  $b_{\beta,5}$  по Гунду. Результаты сопоставлены с известными из литературы. Проанализированы некоторые приближения, явно или неявно присутствующие в работах других авторов. На численных примерах проверена корректность результатов работы и продемонстрирована ограниченность упомянутых выше приближений. Библиогр. 19 назв. Ил. 2.

*Ключевые слова:* двухатомная молекула, сверхтонкая структура, моделирование.

УДК 537.525

Кшевецкая М. А., Шевкунов И. А. **Моделирование плазмы разряда низкого давления в смеси аргона и паров воды** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 48–52.

На основе построенной ранее модели положительного столба слаботокового разряда низкого давления в смеси аргона с парами воды определена концентрация молекул воды в исследуемой плазме в зависимости от температуры стенок разрядной трубки. Это позволило рассчитать характеристики плазмы и провести сравнение рассчитанных характеристик с данными, полученными экспериментально. Сравнение дало удовлетворительное согласие в диапазоне температур, для которого, как ожидается, выполняются предположения, положенные в основу модели. Библиогр. 6 назв. Ил. 5.

*Ключевые слова:* плазма, газовый разряд, ультрафиолетовое излучение, источник оптического излучения, молекула воды, молекула гидроксила.

УДК 54.165

Иванов-Павлов Д. А., Конаков В. Г., Голубев С. Н., Ушаков В. М., Пивоваров М. М., Соловьёва Е. Н. **Эволюция гелей на основе систем  $ZrO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Y_2O_3$ ,  $Y_2O_3-ZrO_2-TiO_2$  при их последовательной термической обработке** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 53–61.

Методом золь-гель-синтеза были получены гели итоговых составов (мол. %)  $ZrO_2$ ,  $TiO_2$ , 8 %  $Y_2O_3$ –92 %  $ZrO_2$ , 8 %  $Y_2O_3$ –87 %  $ZrO_2$ –5 %  $TiO_2$ , 8 %  $Y_2O_3$ –82 %  $ZrO_2$ –10 %  $TiO_2$ , 8 %  $Y_2O_3$ –77 %  $ZrO_2$ –15 %  $TiO_2$ , 8 %  $Y_2O_3$ –72 %  $ZrO_2$ –20 %  $TiO_2$ . С помощью методов ДТА, РФА, БЭТ и лазерной седиментографии исследовано изменение структуры, дисперсности, состава последовательности превращений гель–прекурсор–кристаллический твёрдый раствор. Показано, что по мере увеличения температуры термообработки гель претерпевает цепь следующих изменений: удаление дисперсионно связанной воды – формирование структур кристаллогидратов сложного состава – удаление структурно связанной воды – кристаллизация – процессы рекристаллизации внутри агломератов – спекание агломератов. Показано также, что область стабилизации кубического твёрдого раствора  $ZrO_2$  лежит в пределах от 0 до 5–10 мол. %  $TiO_2$  в системе 8 %  $Y_2O_3$ –(92–X) %  $ZrO_2$ –X %  $TiO_2$ . Библиогр. 10 назв. Ил. 5. Табл. 3.

*Ключевые слова:* плазма, газовый разряд, ультрафиолетовое излучение, источник оптического излучения, молекула воды, молекула гидроксила.

УДК 537.621:541.18.02

Чежина Н. В., Фёдорова А. В. **Влияние природы заместителей на эффекты ближнего порядка в магнорезистивных манганитах** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 62–67.

Исследованы магнитные свойства твёрдых растворов замещённых манганитов лантана со структурой перовскита, на основании которых определены состояния атомов парамагнитного элемента

и характер обменных взаимодействий в зависимости от природы диамагнитного заместителя. Введение атомов иттрия в позиции лантана приводит к образованию магнитных кластеров из атомов марганца, причём состав и характер обменных взаимодействий в пределах агрегатов немонотонным образом зависят от концентрации атомов иттрия. Введение в решётку перовскита атомов щелочно-земельных элементов (кальция и стронция) также отражается на магнитных свойствах и состоянии атомов марганца. Немонотонность в изменении физико-химических свойств допированных манганитов определяется противоположно направленным влиянием двух факторов, связанных с природой допирующего элемента, – размерным фактором и поляризующей способностью диамагнитного элемента. Библиогр. 7 назв. Ил. 7.

*Ключевые слова:* магниторезистивность, магнитная восприимчивость, твёрдые растворы, перовскит.

УДК 544.725.2:544.015.4

Пенькова А. В., Маркелов Д. А., Тойкка А. М. **Термодинамическое моделирование процесса испарения бинарных растворов через мембрану** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 68–76.

Разработаны основы подхода к моделированию испарения через мембрану (первапорации) в бинарных системах и аппроксимации экспериментальных данных с привлечением соотношений линейной неравновесной термодинамики. Результаты иллюстрированы на примере первапорации в системах этанол–вода и ацетон–вода. Библиогр. 40 назв. Ил. 6. Табл. 4.

*Ключевые слова:* первапорация, моделирование, неравновесная термодинамика.

УДК 532.592

Коротких О. П., Кочурова Н. Н., Виноградова М. С., Абдулин Н. Г., Гермашева И. И. **Изучение поверхностных свойств водных растворов пентадецилсульфата натрия** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 77–81.

Впервые измерено равновесное поверхностное натяжение водных растворов анионноактивного поверхностно-активного вещества пентадецилсульфата натрия в широком интервале концентраций –  $4,8 \cdot 10^{-6}$ – $1,21 \cdot 10^{-2}$  моль/л при 30–45 °С. Определены значения критической концентрации мицеллообразования и влияние на неё температуры. Библиогр. 27 назв. Ил. 3. Табл. 1.

*Ключевые слова:* равновесное поверхностное натяжение, ККМ, адсорбция.

УДК 541.64:536.7

Юдович В. М., Морозова С. Е., Юдович М. Е., Тойкка А. М., Пономарёв А. Н. **Изучение поверхностных свойств водных растворов пентадецилсульфата натрия** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 82–89.

Получены пленочные полимерные композитные материалы на основе эпоксиноволачной смолы, модифицированной углеродными наноструктурами фуллероидной природы – астраленами, с различными концентрациями последних. По результатам ИК-спектрофотометрии было выявлено, что малые количества наномодификатора ингибируют реакцию полимеризации смолы. Дальнейшее увеличение концентрации астраленов увеличивает степень полимеризации. При малых количествах модификатора наблюдается максимальная доля аморфной фазы, что подтверждается соответствующим экстремумом прочности. Об этом же свидетельствуют и прямые наблюдения с помощью электронного микроскопа. Сделано заключение о сильном влиянии астраленов на структуру и свойства эпоксидной матрицы, причём свойства эпоксиполимера изменяются немонотонно. Библиогр. 11 назв. Ил. 6. Табл. 2.

*Ключевые слова:* полимер, нанокомпозит, углеродные наночастицы, астралены, мембраны, первапорация, эпоксидная, эпоксиноволачная смола.

УДК 544:032.3

Соколов И. А., Мурин И. В., Крийт В. Е., Гальперина А. Я. **Температурно-концентрационная зависимость электрической проводимости калиево-фосфатных стёкол** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 90–96.

Изучена область стеклообразования и температурно-концентрационная зависимость электрической проводимости в стёклах системы  $K_2O$ – $KPO_3$ . В области  $\sim 100$  °С наблюдается излом на зависимости  $\ln \sigma = f(1/T)$ . Увеличение содержания оксида калия незначительно влияет на электропроводность как при  $T \gg 373$  К, так и при низких температурах. Энергия активации электропроводности

остаётся постоянной (в пределах погрешности эксперимента: в высокотемпературной области  $E_0 = 1,47 \pm 0,02$  эВ, а в низкотемпературной  $E_0 = 0,7 \pm 0,03$  эВ). Обнаруженные закономерности интерпретированы с точки зрения смены природы носителей тока: при  $T > 373$  К носителями электрического поля являются ионы калия, а при низких температурах – протоны, образующиеся при диссоциации примесной воды. Библиогр. 32 назв. Ил. 3. Табл. 5.

*Ключевые слова:* электрическая проводимость, носители тока, калиевофосфатные стёкла, структура.

УДК 536.4

Павлов В. А. **Классификация наночастиц аргона по их размерам** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 97–99.

Предложена формула, описывающая зависимость температуры плавления наночастиц от их размеров. Дано её обоснование, при этом используются некоторые приближения. Полученные результаты сопоставляются с результатами расчётов, выполненных методами численного эксперимента различными группами авторов в диапазоне малых и сверхмалых наночастиц аргона (сверхмалые содержат не более дюжины атомов). Сделан вывод о хорошем согласии предложенной формулы с результатами численных экспериментов на больших и малых частицах. В случае сверхмалых наночастиц наблюдаются значительные отклонения, которые пока не получили ясного объяснения. Предложенная формула может быть использована для построения модели «двухстадийной» конденсации. Если температура пара ниже тройной точки, то сначала возникают жидкие наноклапты; затем, по мере роста, происходит их затвердевание. Библиогр. 10 назв. Ил. 1.

*Ключевые слова:* наночастицы, численные эксперименты, температура плавления, размерный эффект.

УДК 551.510.41, 551.510.42

Кшевецкая М. А., Поберовский А. В. **Система архивирования солнечных ИК-спектров высокого разрешения для задач дистанционного зондирования атмосферы** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 100–104.

Разработана и реализована компьютеризированная система хранения и организации данных измерений наземных солнечных спектров, получаемых с использованием фурье-спектрометра “Bruker IFS125”. На основе этой системы создан архив ИК-спектров высокого разрешения, осуществляется его пополнение. Библиогр. 9 назв. Ил. 2.

*Ключевые слова:* солнечные ИК-спектры, система архивирования, каталог спектров.

УДК 530.145

Пупышев В. В. **Строение волновых функций систем трёх частиц вблизи точки тройного удара** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 105–110.

Кратко обсуждаются известные модификации разложения В. А. Фока для волновых функций атома с двумя электронами. Схематично излагаются два альтернативных подхода к выводу и анализу разложений фоковского типа для регулярных решений уравнений Шрёдингера и Фаддеева, описывающих системы трёх квантовых частиц с парными центральными взаимодействиями более широкого класса, чем кулоновские потенциалы. Библиогр. 12 назв.

*Ключевые слова:* системы трёх частиц, уравнения Фаддеева, точка тройного удара.

УДК 539.184.28, 519.632

Виницкий С. И., Гусев А. А., Чулуунбаатар О. **Решение краевых задач шрёдингерского типа методом Канторовича** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 111–115.

В работе представлена вычислительная схема решения краевых задач шрёдингерского типа методом Канторовича – приведение к системе обыкновенных дифференциальных уравнений по одной из независимых переменных задачи. Решение ищется в виде разложения по набору решений задачи на собственные значения по остальным переменным, параметрически зависящей от исключённой независимой переменной, что и обеспечивает корректное строение приближенного решения. Дискретизация схемы выполнена с указанием оценок точности приближённого решения методом конечных

элементов в виде комплекса проблемно-ориентированных программ, применимых для численного анализа математических моделей физических процессов в малочастичных квантовых системах. Применение разработанных вычислительной схемы и комплекса программ позволило выявить новые эффекты резонансного прохождения и отражения в процессах осевого каналирования ионов и кулоновского рассеяния в однородном магнитном поле. Библиогр. 11 назв.

*Ключевые слова:* краевые задачи, уравнения шрёдингеровского типа, метод Канторовича, малочастичные системы.

УДК 539.172

Гринюк Б. Е., Сименюк И. В. **Асимптотические свойства структурных функций ядер  ${}^6\text{Li}$  и  ${}^6\text{He}$  в рамках трёхчастичной модели** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 116–120.

Изучена структура ядер  ${}^6\text{Li}$  и  ${}^6\text{He}$  в рамках трёхчастичной модели на основе вариационного метода с гауссоидальным базисом. Исследованы структурные функции этих ядер (распределения плотности, коэффициенты кластеризации) и найдены их асимптотики. Библиогр. 17 назв. Ил. 3.

*Ключевые слова:* вариационный метод, гауссоидальный базис, структура гало-ядер  ${}^6\text{Li}$  и  ${}^6\text{He}$ , асимптотика Меркурьева, распределение плотности, амплитуда кластеризации.

УДК 530.145

Картавцев О. И., Малых А. В. **Универсальные свойства ультрахолодных двухкомпонентных систем трёх частиц** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 121–125.

Рассматриваются универсальные низкоэнергетические характеристики двухкомпонентных систем трёх частиц. Представлены результаты расчётов энергий связи, числа связанных состояний и характеристик низкоэнергетического  $(2 + 1)$ -рассеяния. Обсуждаются изотопические зависимости колебательно-вращательного спектра и рассеяния в конфигурационном пространстве различной размерности. Библиогр. 22 назв. Ил. 2.

*Ключевые слова:* системы трёх частиц, двухкомпонентные ультрахолодные газы, универсальное низкоэнергетическое описание, потенциалы нулевого радиуса.

УДК 621.039.7

Кузнецов Р. А., Богданов Р. В. **Ядерно-химические аспекты захоронения концентратов радиоактивных отходов в земной коре** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 126–130.

Исходя из нуклидного состава фракционированных радиоактивных отходов замкнутого ядерного топливного цикла предложена концепция совместной иммобилизации фракций продуктов деления и актинидов в единой матрице. Рассматриваются преимущества данного подхода и возникающие при этом проблемы. Для реализации предложенной концепции разработан золь-гель-метод синтеза геокерамических матриц алюмосиликофосфатного типа. Экспериментально показано, что по химической стойкости данные композиты на порядок превосходят боросиликатные стёкла. Учитывая присутствие в составе отходов нуклидов с периодами полураспада более миллиона лет, авторы считают необходимым выполнение операции капсулирования матриц в герметичные геокерамические упаковки. Библиогр. 9 назв. Ил. 2. Табл. 3.

*Ключевые слова:* ядерный топливный цикл, продукты деления, актиниды, радиоактивные отходы, иммобилизация, геокерамические матрицы, капсулирование.

УДК 541.18:536.7

Лобачёва О. Л., Чиркст Д. Э., Берлинский И. В. **Ионная флотация катионов цериевой группы с применением поверхностно-активного вещества** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 131–134.

Представлены результаты экспериментального и теоретического исследования процесса флотации в растворах нитратов церия, самария, европия и додецилсульфата натрия, используемого в качестве флотореагента. Получены зависимости коэффициентов распределения ионов редкоземельных элементов в процессе ионной флотации от рН равновесной водной фазы. Сопоставление значений рН

извлечения с рН гидратообразования позволяет заключить, в какой форме флотируются катионы церия, самария и европия. Библиогр. 9 назв. Ил. 3. Табл. 2.

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

УДК 546.65:541.8

Чиркст Д. Э., Литвинова Т. Е., Лобачёва О. Л., Луцкий Д. С., Тойкка М. А. **Извлечение церия(III) и иттрия(III) из нитратных сред методами ионной флотации и жидкостной экстракции** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 135–138.

Представлены результаты экспериментального и теоретического исследования процесса флотации и жидкостной экстракции в системе, содержащей катионы церия (+3) и иттрия (+3). Проведено сопоставление эффективности некоторых экстрагентов, используемых для жидкостной экстракции и для процесса ионной флотации. Для сравнения были выбраны: нафтеновая кислота, растворы которой широко применяются для экстракции цветных металлов, додецилсульфат натрия, применяемый при ионной флотации, и олеиновая кислота как перспективный экстрагент, рекомендуемый для извлечения цветных и редких металлов. Показано, что на эффективность разделения церия и иттрия влияет природа аниона лиганда в водной фазе, с одной стороны, и в составе сольватного комплекса органической фазы, с другой стороны. Присутствие жёстких оснований (по Пирсону) в водной фазе снижает показатель экстрагируемости. Библиогр. 6 назв. Ил. 3. Табл. 1.

*Ключевые слова:* ионная флотация, жидкостная экстракция, церий, иттрий, жёсткость и мягкость оснований по Пирсону.

УДК 547.759; 547.786.1

Чан Куанг Тунг, Молчанов А. П. **1,3-Диполярное циклоприсоединение триарилнитронов к малеимидам** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 139–141.

Установлено, что взаимодействие *C,C*-дифенил-*N*-арилнитронов с ядернозамещёнными *N*-арилмалеимидами с хорошим выходом приводит к замещённым дигидро-2*H*-пирроло[1,4-*d*]изоксазол-4,6-дионам в виде одного диастереомера. Скорость реакции существенно ниже, чем в реакции малеимидов с *C,N*-диарилнитронами. Библиогр. 7 назв.

*Ключевые слова:* диполярное циклоприсоединение, нитроны, триарилмалеимиды.



## SUMMARIES

*Vechernin V. V., Lakomov I. A., Puchkov A. M.* Mean transverse momentum, multiplicity and their correlation in  $pp$  collisions in string fusion model.

The simple model which enables to take into account the effect of colour string fusion in  $pp$  interactions are suggested. The Monte-Carlo algorithm based on the model is developed and the inelastic cross section, the multiplicity and the mean transverse momentum of charged particles produced in  $pp$  collisions for the wide range of initial energies are calculated. It is demonstrated that using the conventional value 0,2–0,3 fm for the string radius results in the slower increase of the mean transverse momentum with energy than the experimentally observed one, what possibly is connected with the additional contribution of hard processes which can't be taken into account in the framework of the present approach. It's also shown that with the value 0,4 fm for the string radius one can completely explain the increase of the mean transverse momentum with energy in  $pp$  interactions by the effect of the colour string fusion. The obtained value of the inelastic  $pp$  scattering cross section practically does not depend on the the string radius option and is in good agreement with the experimental data. In the framework of the suggested model the forecast for values of the observables in  $pp$  collisions at LHC energies is made the predictions for inelastic cross section value are obtained. The correlation function for the long range correlation between the average transverse momentum and the multiplicity is found.

*Key words:* strong interaction, high energy, multiple production, elementary particles, transverse momentum, multiplicity, correlations.

*Chugunov V. A.* Influence of hydrostatic pressure on optical transition energies in InAs/GaAs quantum dots.

Photoluminescence investigations of 10-layer InAs/GaAs heterostructure with quantum dots (QDs) were performed at different temperatures and pressures in a chamber with sapphire anvils. On the basis of the measurements temperature dependencies of spectral line positions were built for various hydrostatic pressures. Some deviations of experimental results from theoretically predicted values were observed. To explain the observed 'anomalies' a model is suggested, based on existence of inner strain and electric fields, which arise under the pressure in QDs and barrier material.

*Key words:* photoluminescence, heterostructure, quantum dots, baric coefficients.

*Kalikulov O. A., Saduev N. O., Oskomov V. V.* Device for registration of electron-photon components in cosmic rays at 850 m above sea level.

We built the device for detection of an electron-photon component in cosmic rays. The apparatus was installed at 850 m above sea level at the station of cosmic rays near Almaty.

*Key words:* electron-photon components, cosmic rays, Earth's atmosphere, registration at 850 m above sea level.

*Ashmarina Yu. B., Yanovskaya T. B.* Radiation pattern of near-surface double-couple force source.

The object of the study is a seismic source field in the form of point shear dislocation located near the surface at the depth much smaller than the wavelength. The force equivalent of such a source is double couple. The far-field of P-wave is obtained on the basis of Green's functions for sources at the free surface. Amplitudes of displacement from double couple obtained by the use of numerical modeling are compared with those for analogous sources in infinite space. Radiation patterns as stereographic projections of amplitude distribution on the bottom hemisphere, surrounding a source are given and then compared for different source mechanisms. Conclusions about the difference in amplitudes and nodal plane location for near-surface and a buried source is made on the basis of such a comparison.

*Key words:* earthquake source mechanism, radiation pattern, Green's function for half-space, double-couple, principal stress axes.

*Minaev K. V., Gruzdev M. V., Ochinnikova N. E., Vaidner A. O., Ivanov V. S., Sovkov V. B.* The hyperfine structure in spectra of diatomic molecules: accurate and approximate computation schemes.

Matrix elements for the fine and hyperfine Hamiltonian in an isolated multiplet of a diatomic molecule in  $a_{\beta}$  and  $b_{\beta S}$  coupling bases were derived. The results were compared with the equations of the other authors. Approximations used in earlier computational models were analyzed. The accuracy of the results was verified and the limitations of approximations adopted earlier were revealed using numerical examples.

*Key words:* diatomic molecule, hyperfine structure, modeling.

*Kshevetskaya M. A., Shevkunov I. A.* Modeling low pressure discharge plasma in mixture of argon and water vapor.

Using the previously proposed model of low pressure low current discharge plasma in the mixture of argon and water vapor the dependence of water vapor concentration in the plasma in question on the tube wall temperature was determined. It allowed to calculate plasma characteristics and compare them with the experimental data. Satisfactory comparison was obtained in the temperature gap where the model assumptions are believed to be valid.

*Key words:* plasma, gas discharge, ultraviolet emission, source of optical radiation, water molecule, hydroxyl molecule

*Ivanov-Pavlov D. A., Konakov V. G., Golubev S. N., Ushakov V. M., Pivovarov M. M., Solovieva E. N.* Evolution of gels in the  $ZrO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Y_2O_3$ - $ZrO_2$ - $TiO_2$  systems under step by step temperature treatment.

Powder precursors of the (mol. %)  $ZrO_2$ ,  $TiO_2$ , 8 %  $Y_2O_3$ -92 %  $ZrO_2$ , 8 %  $Y_2O_3$ -87 %  $ZrO_2$ -5 %  $TiO_2$ , 8 %  $Y_2O_3$ -82 %  $ZrO_2$ -10 %  $TiO_2$ , 8 %  $Y_2O_3$ -77 %  $ZrO_2$ -15 %  $TiO_2$ , 8 %  $Y_2O_3$ -72 %  $ZrO_2$ -20 %  $TiO_2$  systems were synthesized by a sol-gel method. The Gel-precursor-powder-crystalline solid solution transformation has been studied by DTA, powder diffraction analysis, BET, and laser sedimentometric analysis. It was revealed that gels undergo the chain of the following changes: removal of weakly connected water-formation of crystallohydrates-removal of structure connected water-crystallization-processes of recrystallization inside agglomerates-sintering. It was also shown that cubic solid solution of  $ZrO_2$  is stable in the range of 5-10 mol. %  $TiO_2$  for the system 8 %  $Y_2O_3$ -(92 - X) %  $ZrO_2$ -X %  $TiO_2$ .

*Key words:* yttrium oxide, zirconium dioxide, titanium dioxide, agglomeration, powder-precursors, phase formation.

*Chezina N. V., Fedorova A. V.* Influence of substituent nature on short order effects in magnetoresisting manganites.

The influence of doping element nature on magnetic properties of lanthanum manganites was studied by the magnetic dilution method. The character of exchange interactions and the composition of manganese atom clusters were found to be determined by the size effect of the doping element and by its polarizing ability.

*Key words:* magnetoresistance, magnetic susceptibility, solid solutions.

*Penkova A. V., Markelov D. A., Toikka A. M.* Thermodynamic modeling binary mixture evaporation through membrane.

The approach for modeling binary mixture evaporation through membrane is proposed on the base of linear nonequilibrium thermodynamics. The examples of ethanol-water and acetone-water systems are presented.

*Key words:* pervaporation, modeling, nonequilibrium thermodynamics.

*Korotkikh O. P., Kochurova N. N., Vinogradova M. S., Abdulin N. G., Germasheva I. I.* Investigation of surface properties of sodium pentadecylsulfate aqueous solution.

Equilibrium surface tension of sodium pentadecylsulfate aqueous solutions is measured by the ring method at concentrations  $4,8 \cdot 10^{-6}$ - $1,21 \cdot 10^{-2}$  mol/l and at 30-45 °C. CMC at different temperatures is obtained.

*Key words:* equilibrium surface tension, CMC, adsorption.

*Yudovich V. M., Morozova S. E., Yudovitch M. E., Toikka A. M., Ponomarev A. N.* Physical-mechanical and membrane properties of nanomodified composite epoxynovolac resin-astralen.

Physical-chemical properties of a new composite material such as thermoreactive epoxy resin doped with fullerene-like carbon nanostructure (astralen) are considered. Infrared spectroscopy, electron microscopy, strength capacity research, DTA and pervaporation analysis were used. Compositions investigated demonstrate significantly changed physical and mechanical properties of the original polymer which may be of practical importance for membrane technology.

*Key words:* polymer, epoxy resin, nanocomposite, carbon nanoparticles, astralenes, membranes, pervaporation.

*Sokolov I. A., Murin I. V., Kriyt V. E, Galperina A. Ya.* Temperature-concentration dependence of potassium–phosphate glass electrical conductivity.

Areas of glass formation and temperature-concentration dependence of electrical conductivity in glasses of the system  $K_2O-KPO_3$  are investigated. In the area of  $\sim 100$  °C an inflection in the dependence  $\ln \sigma = f(1/T)$  is observed. The increase of potassium oxide has minor effect on the electrical conductivity both at  $T > \sim 373$  K and at low temperatures. Activation energy remains constant (within experimental error: in the high-field  $E_\sigma = 1,47 \pm 0,02$  eV, and in the low-temperature  $E_\sigma = 0,7 \pm 0,03$  eV). The observed patterns are interpreted in terms of changing the nature of current carriers: at  $T > 373$  K are carriers of the electric field, potassium ions, and at low temperatures – the protons, formed during the dissociation of impurity water.

*Key words:* electrical conductivity, carriers, potassium phosphate glass, structure.

*Pavlov V. A.* Classification of argon nanoparticles by their sizes.

It is known that melting temperature of nanoparticles depends on sizes of those particles. There is offered a simple formula describing this dependence. It is explained with some approximations. The results obtained according the formula suggested are compared with the results of numerical experiments by several groups of authors in the range of small and smallest nanoparticles of argon (the smallest ones contain not more than a dozen of atoms). It is concluded there is a good concordance of the formula suggested with the results of numerical experiments on large and small particles. In case of the smallest nanoparticles significant deviations are observed, they have not been explicitly explained. The formula suggested can be used for the construction of the model of two-stage condensation. If vapor temperature is lower than the triple point, the first liquid nanodrops appear; then they solidify as they grow.

*Key words:* nanoparticles, numerical experiments, melting temperature, size effect.

*Kshevetskaya M. A., Poberovsky A. V.* The system of archiving solar high-resolution IR spectra for remote sensing problems of atmosphere.

A computerized system for storage and organization of measurement data of ground solar spectra obtained with the usage of Fourier spectrometer Bruker IFS125 is developed and implemented. On the base of this system the archive of high resolution IR spectra was created, its completion is carried out.

*Key words:* solar infrared spectra, system of archiving, catalog of spectra.

*Pupyshev V. V.* Structure of wave-functions of three-body systems near a triple collision point.

First, the known modifications of V. A. Fock expansions for the wave-functions of the atom with two electrons are briefly discussed. Then, we schematically describe two alternative approaches to the derivation and analysis of the Fock-type expansions for the regular solutions of the Schrödinger and Faddeev equations describing three-body systems with central pair interactions of a more general type than Coulomb potentials.

*Key words:* three-body systems, Faddeev equations, triple collision point.

*Vinitzky S. I., Gusev A. A., Chuluunbaatar O.* Solving Schrödinger type boundary-value problems by Kantorovich method.

A calculation scheme for solving Schrödinger type boundary-value problems by means of Kantorovich method: reducing to a system of ordinary differential equations. The scheme is realized by the finite element method in the form of the complex of problem-oriented programs applied for a numerical analysis of mathematical models of physical processes in few-body systems.

*Key words:* boundary-value problems, Schrödinger type equations, Kantorovich method, few-body systems.

*Grinyuk B. E., Simenog I. V.* Asymptotic behaviour of structure functions of  ${}^6\text{Li}$  and  ${}^6\text{He}$  nuclei within a three-particle model.

The structure of the  ${}^6\text{Li}$  and  ${}^6\text{He}$  nuclei is studied within a three-particle model using the variational method with the Gaussian bases. Structure functions of these nuclei (density distributions, coefficients of clusterization) are analyzed, and their asymptotics are found.

*Key words:* variational method, Gaussian basis, structure of the halo-nuclei  ${}^6\text{Li}$  and  ${}^6\text{He}$ , Merkuriev asymptotics, density distributions, amplitude of clusterization.

*Kartavtsev O. I., Malykh A. V.* Universal properties of ultra-cold two-component three-body systems.

The universal low-energy description of two-component three-body systems is considered. A set of binding energies, the bound-state numbers, and the characteristics of the low-energy (2 + 1)-scattering is presented. Isotopic dependences of the rotational-vibrational spectrum and scattering characteristics for different configuration-space dimensions are given.

*Key words:* three-body systems, two-component ultra-cold gases, universal low-energy description, zero-range potential.

*Kuznetsov R. A., Bogdanov R. V.* Nuclear-chemical aspects of a radioactive waste concentrate disposal in earth's crust.

Based on the nuclide composition of fractionated radioactive waste of a closed nuclear fuel cycle, a concept of joint immobilization of fission product fractions and actinides within the same matrix is suggested. Advantages of the given approach as well as the arising problems are considered. In order to realize the suggested concept a sol-gel method has been developed for synthesis of geoceramic matrices of the alumina-silica-phosphatic type. It is experimentally shown that, as regards their chemical durability, the given composites surpass boron-silicate glasses by an order of magnitude. Taking into account the presence in the waste of nuclides with half-life periods of more than one million years, the authors consider it to be necessary to encapsulate the matrices into hermetic geoceramic packings.

*Key words:* nuclear fuel cycle, fission product, actinides, radioactive waste, immobilization, geoceramic matrice, encapsulation.

*Lobacheva O. L., Chirkst D. E., Berlinsky I. V.* Ion flotation of cerium group cations with the usage of surface active substance.

The experimental results and thermodynamic investigation of ion flotation of Ce(+3), Sm(+3) and Eu(+3) in aqueous systems with surface active substance are presented. Distribution coefficients of rare-earth ions in the process of ion flotation were determined. It was shown that if pH = 4 – Sm(+3) is removed, pH = 6 Ce(+3) is selectively removed and pH > 6,5 Eu(+3) is removed from solutions of nitrate salts by sodium dodecylsulfate.

*Key words:* surface-active substances, ion flotation, thermodynamics data of the flotation process.

*Chirkst D. E., Litvinova T. E., Lobacheva O. L., Lutsky D. S., Toikka M. A.* Cerium(III) and yttrium(III) removal from nitrate solutions by ion flotation and solvent extraction.

The experimental results and thermodynamic investigation of ion flotation and solvent extraction in aqueous nitrate systems with extract reagents are presented. Sodium dodecylsulfate, oleic and naphthenic acids are recommended for ion flotation and solvent extraction processes as effective extract reagents for the removal of rare-earth elements. On the basis of experimental data it was shown that the presence of the hard base (by Pearson) in aqueous solutions decrease the coefficient of rare-earth element removal.

*Key words:* solvent extraction, ion flotation, Ce(+3), Y(+3), soft and hard bases (by Pearson).

*Tran Quang Tung, Molchanov A. P.* 1,3-Dipolar cycloaddition of triarylnitrones to maleimides.

It is shown that the reaction of *C, C*-diphenyl-*N*-arylnitrones with *N*-substituted maleimides leads to substituted dihydro-2*H*-pyrrolo[1,4-*d*]isoxazol-4,6-diones with the good yield. This reaction is substantially slower than the reaction of *C, N*-diarylnitrones with maleimides.

*Key words:* dipolar cycloaddition, nitrones, maleimides.

## CONTENTS

### Physics

<i>Vechernin V. V., Lakomov I. A., Puchkov A. M.</i> Mean transverse momentum, multiplicity and their correlation in $pp$ collisions in string fusion model.....	3
<i>Chugunov V. A.</i> Influence of hydrostatic pressure on optical transition energies in InAs/GaAs quantum dots.....	17
<i>Kalikulov O. A., Saduev N. O., Oskomov V. V.</i> Device for registration of electron-photon components in cosmic rays at 850 m above sea level.....	26
<i>Ashmarina Yu. B., Yanovskaya T. B.</i> Radiation pattern of near-surface double-couple force source.....	30
<i>Minaev K. V., Gruzdev M. V., Ochinnikova N. E., Vaidner A. O., Ivanov V. S., Sovkov V. B.</i> The hyperfine structure in spectra of diatomic molecules: accurate and approximate computation schemes.....	39
<i>Kshevetskaya M. A., Shevkunov I. A.</i> Modeling low pressure discharge plasma in mixture of argon and water vapor.....	48

### Chemistry

<i>Ivanov-Pavlov D. A., Konakov V. G., Golubev S. N., Ushakov V. M., Pivovarov M. M., Solovieva E. N.</i> Evolution of gels in the $ZrO_2$ , $TiO_2$ , $Y_2O_3-ZrO_2-TiO_2$ systems under step by step temperature treatment.....	53
<i>Chezina N. V., Fedorova A. V.</i> Influence of substituent nature on short order effects in magnetoresisting manganites.....	62
<i>Penkova A. V., Markelov D. A., Toikka A. M.</i> Thermodynamic modeling binary mixture evaporation through membrane.....	68
<i>Korotkikh O. P., Kochurova N. N., Vinogradova M. S., Abdulin N. G., Germasheva I. I.</i> Investigation of surface properties of sodium pentadecylsulfate aqueous solution....	77
<i>Yudovich V. M., Morozova S. E., Yudovitch M. E., Toikka A. M., Ponomarev A. N.</i> Physical-mechanical and membrane properties of nanomodified composite epoxynovolac resin–astralen.....	82
<i>Sokolov I. A., Murin I. V., Kriyt V. E., Galperina A. Ya.</i> Temperature-concentration dependence of potassium–phosphate glass electrical conductivity.....	90

### Brief scientific notes

<i>Pavlov V. A.</i> Classification of argon nanoparticles by their sizes.....	97
<i>Kshevetskaya M. A., Poberovsky A. V.</i> The system of archiving solar high-resolution IR spectra for remote sensing problems of atmosphere.....	100
<i>Pupyshev V. V.</i> Structure of wave-functions of three-body systems near a triple collision point.....	105
<i>Vinitzky S. I., Gusev A. A., Chuluunbaatar O.</i> Solving Schrödinger type boundary-value problems by Kantorovich method.....	111
<i>Grinyuk B. E., Simenog I. V.</i> Asymptotic behaviour of structure functions of ${}^6\text{Li}$ and ${}^6\text{He}$ nuclei within a three-particle model.....	116
<i>Kartavtsev O. I., Malykh A. V.</i> Universal properties of ultra-cold two-component three-body systems.....	121
<i>Kuznetsov R. A., Bogdanov R. V.</i> Nuclear-chemical aspects of a radioactive waste concentrate disposal in earth's crust.....	126
<i>Lobacheva O. L., Chirkst D. E., Berlinsky I. V.</i> Ion flotation of cerium group cations with the usage of surface active substance.....	131

<i>Chirkst D. E., Litvinova T. E., Lobacheva O. L., Lutsky D. S., Toikka M. A.</i> Cerium(III) and yttrium(III) removal from nitrate solutions by ion flotation and solvent extraction .....	135
<i>Tran Quang Tung, Molchanov A. P.</i> 1,3-Dipolar cycloaddition of triarylnitrones to maleimides .....	139
<b>Papers</b> .....	142
<b>Summaries</b> .....	148

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Абдулин Наиль Гарифович*: Санкт-Петербургский государственный университет, младший научный сотрудник, saslabor@mail.ru
- Ашмарина Юлия Борисовна*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирантка, ashju@mail.ru
- Берлинский Игорь Вячеславович*: Санкт-Петербургский государственный горный институт, аспирант, bgarris@yandex.ru
- Богданов Роман Васильевич*: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, ведущий научный сотрудник, bogdanov@rb7584.spb.edu
- Вайднер Артём Олегович*: Санкт-Петербургский государственный университет, студент, artgre@mail.ru
- Вечернин Владимир Викторович*: доктор физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор
- Виницкий Сергей Ильич*: доктор физико-математических наук, Объединённый институт ядерных исследований, ведущий научный сотрудник, vinitzky@theor.jinr.ru
- Виноградова Марина Сергеевна*: Санкт-Петербургский государственный университет, студентка, saslabor@mail.ru
- Гальперина А. Я.*: Санкт-Петербургский государственный университет, студентка, asenok-89@mail.ru.
- Гермашева Ираида Ивановна*: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, germashev@mail.ru
- Голубев Сергей Николаевич*: кандидат химических наук, НТЦ «Стекло и Керамика», старший научный сотрудник
- Гринюк Борис Евгеньевич*: кандидат физико-математических наук, Институт теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова НАН Украины, старший научный сотрудник, bgrinyuk@bitp.kiev.ua
- Груздев Михаил Викторович*: Санкт-Петербургский государственный университет, студент, m\_gruzdev@mail.ru
- Гусев Александр Александрович*: кандидат физико-математических наук, Объединённый институт ядерных исследований, научный сотрудник, gooseff@jinr.ru
- Иванов Валерий Сергеевич*: доктор физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, ведущий научный сотрудник, v\_s\_ivanov@mail.ru
- Иванов-Павлов Денис Александрович*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, den-ip@mail.ru
- Каликулов Оразалы Абилхасимович*: НИИЭТФ КазНУ им. Аль-Фараби, научный сотрудник, orazaly\_82@mail.ru
- Картавцев Олег Иванович*: кандидат физико-математических наук, Объединённый институт ядерных исследований, старший научный сотрудник, oik@nusun.jinr.ru
- Конаков Владимир Геннадьевич*: доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, glasscer@yandex.ru

*Коротких Ольга Петровна*: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, младший научный сотрудник, korotkih@yandex.ru

*Кочурова Наталья Николаевна*, доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, oleg@NK2235.spb.edu

*Крийт В. Е.*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, vovik\_@list.ru

*Кузнецов Рафаил Алексеевич*: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, rak24@mail.ru

*Кшевцевкая Марина Алексеевна*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирантка, mermaid1984@mail.ru

*Лакомов Игорь Анатольевич*: Санкт-Петербургский государственный университет, студент, lakomov@gmail.com

*Литвинова Татьяна Евгеньевна*: кандидат технических наук, Санкт-Петербургский государственный горный институт, viritsa@mail.ru

*Лобачёва Ольга Леонидовна*: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, научный сотрудник, olga-59@yandex.ru

*Луцкий Денис Сергеевич*: Санкт-Петербургский государственный горный институт, аспирант, viritsa@mail.ru

*Малых Анастасия Владимировна*: кандидат физико-математических наук, Объединённый институт ядерных исследований, младший научный сотрудник, maw@theor.jinr.ru

*Маркелов Денис Анатольевич*: кандидат физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, старший преподаватель, markeloved@gmail.com

*Минаев Кирилл Викторович*: Санкт-Петербургский государственный университет, студент, sparky\_rush@inbox.ru

*Молчанов Александр Павлович*: Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, s.lab@pobox.spbu.ru

*Морозова Светлана Евгеньевна*: Санкт-Петербургский государственный университет, студентка

*Мурин И. В.*: доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, заведующий кафедрой, igormurin@mail.ru

*Овчинникова Нина Евгеньевна*: Санкт-Петербургский государственный университет, младший научный сотрудник, akiba2001@mail.ru

*Оскомов Владимир Владимирович*: кандидат физико-математических наук, НИИЭТФ КазНУ им. Аль-Фараби, доцент, зав. кафедрой

*Павлов Владимир Алексеевич*: кандидат физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, ведущий инженер, naopavlov@gmail.com

*Пенькова Анастасия Владимировна*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, anast.chem@gmail.com

*Пивоваров Михаил Михайлович*: кандидат химических наук, НТЦ «Стекло и Керамика», научный сотрудник

*Поберовский Анатолий Васильевич*: кандидат физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, заведующий лабораторией, avrob@troll.phys.spbu.ru

*Пономарёв Андрей Николаевич*: кандидат физико-математических наук, ООО «НТЦ прикладных нанотехнологий», генеральный директор, 9293522@gmail.com

*Пупышев Василий Вениаминович*: доктор физико-математических наук, Объединённый институт ядерных исследований, ведущий научный сотрудник, pupyshev@thsin1.jinr.ru

*Пучков Андрей Михайлович*: Санкт-Петербургский государственный университет, научный сотрудник, putchkov@mail.ru



*Садыев Нуржан Орынбасарович*: НИИЭТФ КазНУ им. Аль-Фараби, научный сотрудник,  
lvcl@mail.ru

*Сименюг Иван Васильевич*: доктор физико-математических наук, Институт теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова НАН Украины, профессор, заведующий отделом,  
ivsimenog@bitp.kiev.ua

*Совков Владимир Борисович*: доктор физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, ведущий научный сотрудник,  
vladimir\_sovkov@mail.ru

*Соколов И. А.*: доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, igormurin@mail.ru

*Соловьёва Елена Николаевна*: кандидат химических наук, НТЦ «Стекло и Керамика», научный сотрудник

*Тойка Александр Матвеевич*: доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, заведующий кафедрой,  
toikka@yandex.ru

*Тойка Мария Александровна*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирантка, masha-toikka@yandex.ru

*Ушаков Виктор Михайлович*: кандидат химических наук, НТЦ «Стекло и Керамика», научный сотрудник

*Фёдорова Анна Викторовна*: кандидат химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, ассистент, rfigogo@inbox.ru

*Чан Куанг Тунг*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант,  
s.lab@pobox.spbu.ru

*Чезина Наталья Владимировна*: доктор химических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, chezhina@nc2490.spb.edu

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

*Чугунов Вячеслав Александрович*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, chugunov.va@yandex.ru

*Чулуунбаатар Очбадрах*: кандидат физико-математических наук, Объединённый институт ядерных исследований, старший научный сотрудник, chuka@jinr.ru

*Шевкунов Игорь Александрович*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, partyshah@yandex.ru

*Юдович Вадим Михайлович*: Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант,  
wadim41@gmail.com

*Юдович Михаил Евгеньевич*: кандидат химических наук, ООО «НТЦ прикладных нанотехнологий», старший научный сотрудник, заместитель генерального директора, m\_yudovitch@nm.ru

*Яновская Татьяна Борисовна*: доктор физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, профессор, yanovs@yandex.ru