

УДК 53.088.7

*И.А. Агрон^{1,2}, Д.М. Автономов^{1,2}, А.С. Кононихин^{1,2}, И.А. Попов^{1,2}, С.А. Мельник^{1,2},
С.А. Мошковский³, Е.Н. Николаев^{1,2,3}*

¹ Институт энергетических проблем химической физики РАН

² Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН

³ Институт биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича РАМН

Комбинация подходов точной массово-временной метки и мечения изотопом кислорода ¹⁸O для количественного анализа протеома мочи человека

Масс-спектрометрические методы количественного анализа белков и пептидов предусматривают использование изотопных меток. В настоящей работе нами применялась простая и экономичная процедура мечения пептидов протеома мочи человека кислородом-18 путем гидролиза в воде H_2^{18}O . Количественный анализ с использованием ¹⁸O совмещали с полученной ранее базой данных точных массово-временных меток протеома мочи человека, что обеспечило высокую информативность метода без потребности в тандемной масс-спектрометрии. В рамках актуальной задачи поиска и идентификации биомаркеров на основе сравнительного анализа экспрессии различных генов был разработан метод расчета корректного отношения концентраций меченого и немеченого пептидов в биоматериале. Предложен способ коррекции интенсивностей пиков в масс-спектрах, основанный на концепции усредненной (гипотетической) аминокислоты «аверагин». Возможность указанного подхода для применения в протеомике продемонстрирована в модельных экспериментах.

Ключевые слова: количественная протеомика, масс-спектрометрия, метод точных массово-временных меток, изотопное мечение, кислород 18, протеом мочи.

УДК 537.291

Г.Н. Владимиров^{1,2}, А.В. Харченко³, Р. Хеерен³, Е.Н. Николаев^{1,2}

¹ Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН

² Институт энергетических проблем химической физики РАН

³ Institute for Atomic and Molecular Physics, Netherlands

Моделирование движения ионов в орбитальной ионной ловушке с учетом объемного заряда и неидеальности удерживающего электрического поля

Представлены результаты моделирования движения ионов в орбитальной ионной ловушке. Использовалось программное обеспечение, разработанное ранее, которое было модифицировано так, что форма удерживающего электростатического потенциала ловушки задавалась аналитически, а потенциал, создаваемый ионными облаками, вычислялся методом «частица в ячейке». Определялись частотные сдвиги, вызванные взаимодействием зарядов ионных облаков для разного количества ионов (то есть зарядов) в облаке. Предложено описание влияния неидеальности электрического поля в орбитальной ионной ловушке с помощью дополнительных членов электростатического потенциала, задаваемых аналитически. Для такого поля была исследована стабильность ионных облаков при разной величине вклада в суммарное электростатическое поле дополнительных нелинейных членов.

Ключевые слова: масс-спектрометрия, орбитальная ионная ловушка, метод «частица в ячейке», объемный заряд.

УДК 539.216.2

А.П. Алехин¹, И.П. Григал¹, С.А. Гудкова¹, Ю.Ю. Лебединский², А.М. Маркеев¹,
А.А. Чуприк¹

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Атомно-слоевое осаждение трехкомпонентных диэлектриков Hf_xAl_{1-x}O_y с высокой диэлектрической проницаемостью

Разработан процесс атомно-слоевого осаждения тонких (≈ 4 нм) пленок трехкомпонентного диэлектрика Hf_xAl_{1-x}O_y с использованием жидкофазного металлоорганического гафниевого прекурсора — Hf[N(CH₃)(C₂H₅)]₄. Разработанный процесс АСО позволяет получать тонкие пленки Hf_xAl_{1-x}O_y в широком диапазоне концентраций Al: 24--85 атомных процентов со структурой аморфного твердого раствора. Электрофизические исследования позволили выявить оптимальный состав — Hf_{0,76}Al_{0,24}O_y, при котором диэлектрик характеризуется достаточно высокой диэлектрической проницаемостью $k_{high-k} = 10,5$ и низкими плотностями токов утечек $1,8 \cdot 10^{-5}$ А/см² при напряженности электрического поля $E = 5$ МВ/см. Термический отжиг Hf_{0,76}Al_{0,24}O_y диэлектрика приводит к увеличению толщины переходного слоя SiO_x на границе раздела с кремнием и, как следствие этого, к снижению приблизительно на порядок величины токов утечек и снижению (на ≈ 30 %) эффективной диэлектрической проницаемости k_{eff} в структурах Hf_{0,76}Al_{0,24}O_y/Si.

Ключевые слова: атомно-слоевое осаждение, тонкие диэлектрические пленки, HfO₂, Al₂O₃, HfAlO, структурные и химические свойства, токи утечки, электрофизические свойства.

УДК 541.16

Ю.С. Буранова

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов

Изучение нанотрубок с кобальтом в качестве наполнителя методами просвечивающей электронной микроскопии

Целью работы было изучение особенностей углеродных нанотрубок, выращенных в условиях газостата, с кобальтом в качестве наполнителя. Представляется интересным изучение кристаллографических особенностей кобальтового наполнителя, ввиду ряда отличительных свойств наночастиц кобальта. Особенностью работы является использование для синтеза нанотрубок газостата, так как этот прибор практически не используется для этих целей. Электронно-микроскопический анализ показал наличие в полученных образцах нанотрубок, содержащих частицы кобальта. Кобальт чаще всего встречался в ГЦК и ГПУ модификациях. Встретились трубки, содержащие различные деформированные структуры, а также карбид кобальта. Установлены четыре разных ориентации ГЦК-частиц кобальта по отношению к оси трубки: [100], [110], [111] и [112]. Дополнительные направления обусловлены двойникованием в ГЦК-решетке. Для ГПУ-решетки установлены следующие ориентации: [001], [110] и [1--14]. Образование трёх фаз кобальта в нанотрубках связано с особенностями выделения углерода из расплава в условиях газостата.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, наноразмерный кобальт, электронная микроскопия, деформированные структуры, графит.

УДК 53.083.2, 537.9, 537.856

В.Е. Дём^{1,2}, А.Ф. Шевчун², М.Р. Трунин^{1,2}

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Институт физики твёрдого тела РАН

**Моды «шепчущей галереи» для измерений поверхностного импеданса
сверхпроводящих кристаллов**

Обсуждается возможность и пример использования мод «шепчущей галереи» цилиндрического сапфирового резонатора для измерения компонент поверхностного импеданса сверхпроводящих монокристаллов, имеющих типичные размеры 14140,1 мм³.

Ключевые слова: резонансные методы, поверхностный импеданс, магнитное поле, диэлектрический резонатор, «шепчущая галерея».

УДК 66.0

Г.Н. Фрейберг

Московский физико-технический институт (государственный университет)

**Самопроизвольное перетекание дистиллированной воды в раствор сквозь
крупнопористую мембрану**

Приведены экспериментальная установка и результаты экспериментальных исследований по самопроизвольному перетеканию дистиллированной воды в раствор сквозь крупнопористую гидрофобную мембрану. Проведенные расчёты на модели позволяют объяснить его природу и отнести этот процесс к осмотическому процессу.

Ключевые слова: крупнопористая гидрофобная мембрана, вакуум, давление насыщенного пара воды, самопроизвольное перетекание, осмотический процесс.

УДК 550.34

А.Н. Беседина^{1,2}, Н.В. Кабыченко²

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Институт динамики геосфер РАН

Исследование сейсмических колебаний в длиннопериодной части спектра

Рассматривается возможность регистрации низкочастотных колебаний, которые, возможно, присутствуют в микросейсмическом фоне перед землетрясениями. При пере ходе участка земной коры в метастабильное состояние характерный период колебаний блока земной коры может смещаться в низкочастотную часть спектра, достигая значений периодов в сотни секунд. Для обнаружения в результатах регулярных наблюдений таких длиннопериодных колебаний на фоне микросейсмического шума необходимо использовать специальные методы фильтрации. Предложена схема коррекции характеристик сейсмографов на примере геофона GS-20DX, которая позволяет расширить его частотный диапазон до нижней граничной частоты 0,5 Гц с исходной 10 Гц.

Ключевые слова: землетрясение, сейсмические колебания, длиннопериодные колебания.

Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН
**Эффекты увлечения и завихренности при ветровом прибрежном апвеллинге
и даунвеллинге на примере юго-восточной части Балтийского моря**

При рассмотрении динамики течений при ветровом прибрежном апвеллинге и даунвеллинге основное внимание уделяется вдольбереговому геострофическому течению и экмановскому переносу. В то же время неотъемлемой составляющей апвеллинга и даунвеллинга является направленное в сторону берега увлечение (компенсационный перенос) заглубленных и относительно холодных вод на поверхность при апвеллинге и, наоборот, приповерхностных прибрежных вод в глубинные слои моря при даунвеллинге. В настоящей работе исследуется структура увлечения и природа вызывающих его сил. Исследования проводятся на основе численного моделирования на примере юго-восточной части Балтийского моря. Авторы показали, что природа увлечения связана с нелинейной адвекцией, выраженной в уравнении Навье–Стокса членом $U \frac{\partial U}{\partial x}$. В работе также исследуется влияние нелинейных центробежных сил на динамику квазигеострофических струй. С этой целью для поверхностного слоя исследуемой области анализируется отношение локальной завихренности к планетарной

$$R_0 = \frac{v \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right)}{f v}, \text{ называемое числом Россби.}$$

Ключевые слова: прибрежный ветровой апвеллинг и даунвеллинг, вдольбереговое геострофическое течение, увлечение, пространственная структура течений, нелинейная адвекция, центробежная сила, число Россби, численное моделирование.

УДК 629.735.33.015

Е.А. Дорофеев^{1,2}, Д.И. Игнатьев^{1,3}, А.Н. Храбров^{1,3}

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН

³ Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

**Применение искусственных нейронных сетей для моделирования
нестационарных аэродинамических характеристик**

Использование традиционного подхода к моделированию нестационарных аэродинамических характеристик с помощью аэродинамических производных не дает необходимой точности результатов на больших углах атаки из-за существенных динамических эффектов, вызванных динамикой отрыва потока и разрушения вихрей. В работе показана возможность применения искусственных нейронных сетей для моделирования аэродинамических характеристик в широком диапазоне углов атаки в случае гармонических колебаний на примере треугольного крыла. Представлено краткое определение искусственных нейронных сетей. Дано описание методов математического моделирования нестационарных аэродинамических характеристик. Представлены математические модели, описывающие результаты динамических экспериментов с вынужденными колебаниями, полученными при различных частотах. На примере треугольного крыла смоделированы гистерезисы аэродинамических характеристик.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, треугольное крыло, нестационарные аэродинамические характеристики, большие углы атаки, гистерезис.

УДК 531.391.5

В.П. Легостаев^{1,2}, А.В. Субботин¹, С.Н. Тимаков^{1,2}, А.В. Зыков^{1,2}

¹ Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королёва

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

Об устойчивости стационарной формы вращающейся кольцеобразной мембраны с регулярно прецессирующей центральной жесткой вставкой

Рассматривается одна из задач управляемого углового движения большого вращающегося солнечного паруса с центральной жесткой вставкой. Методом Ляпунова доказывается устойчивость найденной стационарной формы паруса при регулярной прецессии оси вращения мембраны. Решение находится как прямым интегрированием неоднородного уравнения в частных производных, так и методом Фурье, путем разложения решения в ряд по собственным функциям (локальные функции Хейна). Доказывается асимптотическая устойчивость найденной стационарной формы паруса в случае конструкционного демпфирования согласно гипотезе Фойгта.

Ключевые слова: устойчивость движения, космический аппарат, солнечный парус.

УДК 517.9

М.В. Михайлов¹, И.И. Ларьков²

¹ Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королёва

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

Решение задачи относительной навигации по измерениям глобальной спутниковой навигационной системы при сближении космических аппаратов

Представлено описание работы аппаратуры спутниковой навигации АСН-М МКС, обеспечивающей решение задачи автономной навигации МКС. Отработано функциональное программно-математическое обеспечение навигационных модулей АСН-М с использованием автономного математического моделирующего стенда. Проведено исследование влияния возмущающих факторов на точность решения задачи относительной навигации. Приведены алгоритмы фильтрации измерений АСН, обеспечивающие непрерывность формирования текущего вектора состояния активного и пассивного КА и повышение его точности. Показано, что при реализации динамической фильтрации измерений АСН точность вектора относительного положения увеличивается до 0,5--1 м.

Ключевые слова: управление, движение, навигация, сближение, система, космос, станция.

УДК 006.91:62-403.2

В.В. Рыжаков¹, М.В. Рыжаков²

¹ Пензенская государственная технологическая академия

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

Разработка математической модели системы оценивания полисостава газовых сред и алгоритма оценивания ее параметров по данным натурального эксперимента

Разработана математическая модель многоканальной системы одновременного оценивания полисостава газовых сред, которая представляет систему взаимосвязанных функций преобразования отдельных каналов по всем компонентам

газовой среды, учитывающая при этом линейную и нелинейную составляющие выходных данных. Предложенная модель позволяет учесть всю совокупность экспериментальных данных и повысить точность оценивания состава среды. Разработанный алгоритм определения параметров модели реализует итерационный процесс на основе использования введенных систем условных уравнений, что позволяет достигать требуемую точность вычислений при существенном упрощении соответствующих процедур.

Ключевые слова: математическая модель, газовые среды, компоненты, многоканальная система, функция преобразования, алгоритм, итерационный процесс, вычислительные процедуры.

УДК 330.34.011

А.И. Бачурин

Московский физико-технический институт (государственный университет)
Аналитический центр «Концепт»

Концептуальный подход к формированию разнообразия инновационных политик, ориентированных на согласование спроса и предложения на инновации

Рассматривается проблема отсутствия подхода к построению целостного многообразия политик модернизации и инновационного развития, являющаяся одной из причин фрагментарности и низкой эффективности управления инновациями. Исследована предметная область и синтезирован ее понятийный каркас: логические схемы инноваций и политик, а также модельное разнообразие инновационных политик и их направлений, основанных на методах согласования спроса и предложения на инновации.

Ключевые слова: новшества, инновации, модернизация, инновационная политика, инновационное развитие, разнообразие, типология, стратегическое планирование и управление, спрос, предложение.

УДК 519.7:004.852

И.С. Гуз

Московский физико-технический институт (государственный университет)
Минимизация эмпирического риска при построении монотонных композиций Классификаторов

В работе описывается метод обучения монотонного классификатора, минимизирующий эмпирический риск. На основе этого метода синтезируется монотонная композиция, построенная над результатом работы нескольких независимо обученных алгоритмов. Проводится исследование качества классификации монотонной композиции на реальных задачах в зависимости от числа и типа алгоритмов, входящих в ее состав.

Ключевые слова: монотонный классификатор, монотонная корректирующая операция, качество классификации алгоритмических композиций.

УДК 336.7

Ф.А. Дружинин^{1,2}, В.В. Токарев³

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² ООО «Холдинг-Альфа»

³ Институт системного анализа РАН

Инженерное проектирование и финансирование инноваций — инженерный Оптимум

Продолжено изучение проблемы совместного решения вопросов физической и финансовой реализуемости и оптимизации инновационных проектов, начатое авторами в [1]. Осуществлен переход от потокового, динамического описания проблемы к объемному, статическому, что позволило получить аналитическое решение и выявить качественные особенности инженерной и финансово-инженерной задачи, приведенной к виду классической задачи математического программирования. Инженерная задача намеренно очищена от рыночных финансовых ограничений, поэтому её решение дает верхнюю оценку эффективности инновационного проекта, которую можно отождествить с народно-хозяйственной эффективностью.

Ключевые слова: финансовые потоки и объемы, дисконтирующие поправки, инженерный оптимум, математическое программирование, последовательная оптимизация.

УДК 519.71

В.А. Дыхта¹, С.П. Сорокин¹, Г.Н. Яковенко²

¹ Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

Управляемые системы: условия экстремальности, оптимальности и идентификация алгебраической структуры

Для расширения сферы применимости методов теории управления, связанных с решениями неравенств и уравнения Гамильтона–Якоби, вводится новый класс функций типа Ляпунова, зависящих от канонических переменных дифференциальной системы условий экстремальности и обладающих свойствами сильной и слабой монотонности относительно решений этой системы. Предлагаются способы использования этого класса функций для решения позиционных и оптимизационных задач управления. Обсуждаются также математические модели управляемых систем, в основе которых лежат группы и алгебры Ли. Рассматривается процедура, позволяющая при помощи «пробных» воздействий на систему выявить структурные свойства.

Ключевые слова: принцип максимума, условия экстремальности, экстремали, неравенства Гамильтона–Якоби, достаточные условия оптимальности, идентификация системы, группы и алгебры Ли, алгебраическая структура.

УДК 517.956.225+517.575

В.В. Карачик, Н.А. Антропова

Южно-Уральский государственный университет
Построение полиномиальных решений некоторых задач для уравнения Пуассона

Найдено полиномиальное решение третьей краевой задачи для уравнения Пуассона в единичном шаре. Использовалось явное представление гармонических функций в формуле Альманси. Исследована разрешимость обобщенной краевой задачи для уравнения Пуассона с нормальными производными высокого порядка на границе.

Ключевые слова: третья краевая задача, уравнение Пуассона, полиномиальное решение, представления Альманси.

УДК 519.246

Б.Г. Кухаренко

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН
Московский физико-технический институт (государственный университет)
Исследование динамики нелинейных систем на основе переходных временных рядов

Рассматриваются переходные временные ряды для переменных нелинейных динамических систем. На примере численных решений модели Даффинга продемонстрированы особенности спектрального оценивания переходных временных рядов по методу Прони и на основе преобразования Гильберта. Показано, как определяется зависимость частоты от амплитуды численного решения, представляющего свободное нелинейное колебание. Определение этой зависимости позволяет идентифицировать нелинейную динамическую систему.

Ключевые слова: нелинейные динамические системы, переходные временные ряды, спектральный анализ, метод Прони, преобразование Гильберта, модель Даффинга, скелетные кривые, идентификация динамических систем.

УДК 330.322.54

А.В. Минаев

Московский физико-технический институт (государственный университет)
Критерии и методы оценки проектов социального предпринимательства

Предпринята попытка оценки социального эффекта в проектах социального предпринимательства. Для этого на основе существующих в России проектов социального предпринимательства была разработана классификация видов социального эффекта. Для каждого класса предложена методология оценки величины социального эффекта. На основе данного анализа предложены методики отбора инвестором проектов социального предпринимательства.

Ключевые слова: социальное предпринимательство, социальный проект, социальный эффект, социальное благо, оценка проекта, отбор проекта.

Н.И. Хохлов, И.Б. Петров

Московский физико-технический институт (государственный университет)
Моделирование сейсмических явлений сеточно-характеристическим методом

Описан метод моделирования распространения упругих волн в деформируемом твердом теле. Численно получены сейсмические волны Лява и Рэлея в трехмерном случае, полученные результаты хорошо сходятся с теорией. В качестве возможностей написанного программного комплекса приведен результат моделирования прохождения упругой волны через наземный объект, исходя из условия Мизеса получена картина возможных разрушений.

Ключевые слова: сеточно-характеристический метод, волны Рэлея, волны Лява, динамика деформируемого твердого тела, моделирования, системы гиперболических уравнений.

*Ю.В. Байда^{1,2}, М.В. Золотухин^{1,2}, Н.Е. Косарев^{1,2}, Е.С. Парамонов^{1,2}, Г.С. Речистов^{1,2},
А.И. Титов^{1,2}, Б.В. Шурыгин²*

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² ЗАО «Интел А/О»

**Опыт подготовки студентов в учебно-исследовательской лаборатории
МФТИ-Интел**

*Н.Х. Агаханов, М.В. Балашов, В.С. Булыгин, Е.В. Глухова, Р.Н. Карасёв, В.Б. Киреев,
С.М. Козел, Н.Н. Кудрявцев, А.В. Максимычев, О.К. Подлипский, Е.С. Половинкин,
Д.А. Притыкин, Ю.А. Самарский, В.П. Слободянин*

Московский физико-технический институт (государственный университет)
**Опыт работы МФТИ по отбору, профессиональной ориентации и мотивации
к научной деятельности одаренной в области физики и математики молодежи**