



приоритет2030⁺
лидерами становятся

**Фундаментальная математика
и ее приложения в естествознании:
спутник Международной научной конференции
«Уфимская осенняя математическая школа-2022»**

Тезисы докладов

**XIII Международной школы-конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвященной 50-летию образования
математического и физического
факультетов БашГУ**



Уфа, 19-22 октября 2022 года

БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ С ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ ЦЕНТРОМ УФИЦ РАН
ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ ИМ. Р.Р. МАВЛУТОВА УФИЦ РАН
ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АКМУЛЛЫ

**ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА
И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ:
спутник Международной научной конференции
«Уфимская осенняя математическая школа-2022»**

*Тезисы докладов
XIII Международной школы-конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвященной 50-летию образования математического
и физического факультетов БашГУ
(г. Уфа, 19 – 22 октября 2022 г.)*

Уфа
РИЦ БашГУ
2022

УДК 51+53
ББК 22.1+22.3
Ф94

*Печатается по решению кафедры инфокоммуникационных технологий
и наноэлектроники физико-технического института БашГУ.
Протокол № 7 от 07.10.2022 г.*

*Сборник составлен в рамках Программы развития
Научно-образовательного математического центра
Приволжского федерального округа, соглашение № 075-02-2022-882*

Редакционная коллегия:

д-р физ.-мат. наук, профессор **Б.Н. Хабибуллин**
(научный редактор по направлению «Математика»);
д-р физ.-мат. наук, профессор **Е.Г. Екомасов**
(научный редактор по направлению «Физика»);
канд. физ.-мат. наук, доцент **Л.А. Габдрахманов** (отв. редактор);
канд. физ.-мат. наук, доцент **Ф.К. Закирьянов**;
канд. физ.-мат. наук, доцент **Д.С. Юнусова**

Ф94 **Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании:**
спутник Международной научной конференции «Уфимская осен-
няя математическая школа-2022»: тезисы докладов XIII
Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых
ученых, посвященной 50-летию образования математического и
физического факультетов БашГУ (г. Уфа, 19 – 22 октября 2022 г.) / отв.
ред. Л.А. Габдрахманова. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2022. – 324 с.

ISBN 978-5-7477-5546-8

В представленных материалах конференции детально обсуждаются
новейшие результаты и открытые проблемы комплексного анализа и
теории функций, спектральной теории операторов, механики,
теоретической физики и радиофизики, электроники и нанофизики,
материаловедения и наноматериалов, геофизики и прикладной физики,
также проблемы современной методики преподавания.

Материалы сборника предназначены для студентов, аспирантов и
научных работников, интересующихся указанными проблемами.

Тезисы докладов воспроизводятся с представленных авторами
оригиналов.

УДК 51+53
ББК 22.1+22.3

ISBN 978-5-7477-5546-8

© БашГУ, 2022

**О ГИПЕРЦИКЛИЧЕСКИХ ОПЕРАТОРАХ
В ВЕСОВЫХ ПРОСТРАНСТВАХ $\mathcal{E}(\varphi)$**

Рахимова А.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Пусть $\varphi = \{\varphi_m\}_{m=1}^{\infty}$ — семейство непрерывных вещественнозначных функций в \mathbb{R}^n с условиями при любых $m \in \mathbb{N}$:

- 1) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\varphi_m(x)}{\|x\|} = +\infty$;
- 2) $\lim_{x \rightarrow \infty} (\varphi_m(x) - \varphi_{m+1}(x)) = +\infty$.

Тогда для всех $m \in \mathbb{N}$ определим:

$$\mathcal{E}(\varphi_m) = f \in C^m(\mathbb{R}^n): p_m(f) = \sup_{x \in \mathbb{R}^n, |\alpha| \leq m} \frac{|(D_x^\alpha f)(x)|}{\exp(\varphi_m(x))} < \infty.$$

Положим $\mathcal{E}(\varphi) = \bigcap_{m=1}^{\infty} \mathcal{E}(\varphi_m)$, с операциями сложения и умножения на комплексные числа $\mathcal{E}(\varphi)$ образует линейное пространство. Наделим его топологией проективного предела пространств $\mathcal{E}(\varphi_m)$.

В статье [1] было доказано, что оно является пространством Фреше и инвариантно по дифференцированию, и операторы частного дифференцирования непрерывны в нём.

Теорема 1. Пусть линейный непрерывный оператор T в пространстве $\mathcal{E}(\varphi)$ коммутирует с операторами частного дифференцирования и не является скалярным кратным тождественного отображения, тогда T является гиперциклическим оператором.

Литература

1. Мусин И.Х. О преобразовании Фурье-Лапласа функционалов на весовом пространстве бесконечно дифференцируемых функций в \mathbb{R}^n // Математический сборник, 195:10 (2004), с. 83–108.

© Рахимова А.И., 2022 г.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ МАЛЬЯВЕНА-РУБЕЛА НА КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ R -УСЛОВИЯ ЛИНДЕЛЁФА

Салимова А.Е.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия
Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Россия

Теорема. Пусть $Z \subset C$ и $W \subset C$ – распределения точек конечной верхней плотности [см. 3.2]. Если дополнительно потребовать, что W лежит в правой закрытой полуплоскости в C или W удовлетворяет R -условия Линделёфа [см. 3.3], то для I-III из теоремы Мальявена-Рубеля истинны импликации $I \Rightarrow II \Rightarrow III$.

Этот результат упрощает условия основной теоремы и имеет многочисленные приложения к вопросам полноты экспоненциальных систем в функциональных пространствах, представлению мероморфных функций, исследованию аналитических функционалов и их свёрток, аналитическому продолжению голоморфных функций и проч. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 20-31-90074 “Аспиранты”.

Литература

1. P. Malliavin, L.A. Rubel On small entire functions of exponential type with given zeros // Bull. Soc. Math. France, 1961, **89**:2, 175–201.
2. Салимова А.Е., Хабибуллин Б. Н. Распределение нулей целых функций экспоненциального типа с ограничениями на рост вдоль прямой // Математические заметки, 2020, **108**:4, 588–600.
3. Салимова А.Е., Хабибуллин Б. Н. Рост целых функций экспоненциального типа и характеристики распределений точек вдоль прямой на комплексной плоскости // Математические заметки, 2021, **13**:3, 116–128
4. Салимова А.Е. Версия теоремы Мальявена-Рубеля для целых функций экспоненциального типа с корнями около мнимой оси // Известие вузов, 2022, (в печати).

© Салимова А.Е., 2022 г.

ОЦЕНКА МОДУЛЯ ПЕРВОЙ ПРОИЗВОДНОЙ ИНТЕРПОЛЯНТА, ЗАДАННОЙ В ВИДЕ КОМБИНАЦИИ ГАУССОВЫХ РАДИАЛЬНО- БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ

Зарянов А.А.

Уфимский авиационный технический университет, г. Уфа, Россия

В данной работе была построена оценка первой производной интерполянта, заданной в виде комбинации гауссовых радиально-базисных функций (РБФ).

Интерполяция при помощи РБФ часто применяется в задачах выделения разломов. Оценка первой производной интерполянта может быть полезна при определении критических точек в той или иной области, что является важной задачей при визуализации изоповерхностей[1].

Пусть интерполянт $f(x): R^d \rightarrow R$ представлен в следующем в виде

$$f(x) = \sum_{i=1}^n e^{-\varepsilon^2 \|x-v_i\|_{R^d}} w_i,$$

Требуется построить оценку $c \in R: \|f'(x)\|_{R^d} \leq c, \forall x \in D$.

Теорема 1. Пусть $d = 1$ и $f'(x) \in C^1(R)$, тогда оценка модуля первой производной $f'(x)$ задается следующим выражением

$$|f'(x)| \leq 2\varepsilon^2 \left(\sum_{\substack{i=1 \\ v_i \in [x_0, x_1]}}^n (x_1 - x_0) |w_i| + \sum_{\substack{i=1 \\ v_i \notin [x_0, x_1]}}^n M_{\{x_0, x_1\}}(v_i) (x_1 + \max_i v_i) |w_i| \right),$$

где $M_{\{x_0, x_1\}}(v_i) = \max(\exp(-\varepsilon^2(x_0 - v_i)^2), \exp(-\varepsilon^2(x_1 - v_i)^2))$.

Благодаря свойствам экспоненты можно обобщить теорему 1 на многомерный случай, когда область

$$D = \{x_1, \dots, x_d\}: x_{i0} \leq x_i \leq x_{i1}, x_{i0}, x_{i1} \in R^+, \forall i = 1 \dots d\}.$$

Теорема 2. Пусть $\nabla f(\mathbf{x}) \in C^1(\mathbb{R}^d)$, тогда оценка квадрата нормы градиента $\nabla f(\mathbf{x})$ задается следующим выражением

$$\|f'(\mathbf{x})\|_{\mathbb{R}^d}^2 \leq 2\varepsilon^2 \left(\sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^d (x_{p1} - x_{p0}) |w_i| + \sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^d M_{\{x_{p0}, x_{p1}\}}(\mathbf{v}_{pi}) \left(x_{p1} + \max_i \mathbf{v}_{pi} \right) |w_i| \right),$$

где $M_{\{x_0, x_1\}}(\mathbf{v}_{pi}) = \max \left(\exp \left(-\varepsilon^2 (x_0 - \mathbf{v}_{pi})^2 \right), \exp \left(-\varepsilon^2 (x_1 - \mathbf{v}_{pi})^2 \right) \right)$.

Литература

1. Stander, Barton & Hart, John. (1997). Guaranteeing the Topology of an Implicit Surface Polygonization for Interactive Modeling.

© Зарянов А.А., 2022 г.

БИОРТОГОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ФУНКЦИОНАЛОВ К СИСТЕМЕ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫХ МОНОМОВ С ПОЧТИ ВЕЩЕСТВЕННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

Кужаев А.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия
Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Россия

Пусть $\Lambda = \{\lambda_k, n_k\}_{k=1}^{\infty}$ – последовательность различных комплексных чисел λ_k и их кратностей n_k . Считаем, что $|\lambda_k| < |\lambda_{k+1}|$ и $\lambda_k \rightarrow \infty, k \rightarrow \infty$. Положим $m(\Lambda) = \overline{\lim}_{k \rightarrow \infty} n_k / |\lambda_k|$. Последовательность Λ является почти вещественной, если $\operatorname{Re} \lambda_k > 0, \operatorname{Im} \lambda_k / \operatorname{Re} \lambda_k \rightarrow 0, k \rightarrow \infty$.

Пусть $\rho > 0$. Символом Ω_{ρ} обозначим множество неотрицательных выпуклых функций на оси \mathbb{R} таких, что $\omega(0) = 0, \omega(t) \leq \rho|t|, t \leq 0$, и $\lim_{t \rightarrow +\infty} \omega(t)/t = +\infty$. При этих условиях $\omega(t), t > 0$, – неубывающая функция. Подмножество $\Omega_{\Lambda, \rho}$, для которого выполнено неравенство

$$\int_1^{+\infty} \frac{\omega(2\sigma_{\Lambda}(t))}{t^2} dt < \infty$$

обозначим $\Omega_{\Lambda, \rho}$. Индексом конденсации называется величина

$$\mathcal{S}_{\Lambda} = \lim_{\delta \rightarrow 0} \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{1}{\lambda_m} \ln \left| \prod_{\lambda_k \in B(\lambda_m, \delta \lambda_m), k \neq m} \left(\frac{\lambda_m - \lambda_k}{3\delta \lambda_k} \right)^{n_k} \right|.$$

Имеет место следующее

Утверждение. Пусть $\rho > 0$, последовательность $\Lambda = \{\lambda_k, n_k\}$ является почти вещественной и такой, что $\mathcal{S}_{\Lambda} > -\infty, m(\Lambda) < \infty$, и $\omega \in \Omega_{\Lambda, \rho}$. Тогда существует семейство аналитических в полуплоскости $C_{3\rho} = \{z: x = \operatorname{Re} z > -3\rho\}$ функций $G_{\omega, k, j}$ таких, что имеют место равенства

$$G_{\omega, k, j}^{(j-1)}(\lambda_k) = 1, \quad j = \overline{1, n_k}, \quad k \geq 1,$$

$$G_{\omega, k, j}^{(l)}(\lambda_k) = 0, \quad l = \overline{0, n_k - 1}, \quad l \neq j - 1, \quad k \geq 1,$$

$$G_{\omega, k, j}^{(l)}(\lambda_p) = 0, \quad l = \overline{0, n_p - 1}, \quad p \geq 1, \quad p \neq k.$$

Более развёрнутое изложение данного вопроса содержится в [1].

Литература

1. Krivosheev A.S., Krivosheeva O.A., Kuzhaev A.F. The Representation by Series of Exponential Monomials of Functions from Weight Subspaces on a Line // Lobachevskii Journal of Mathematics. - 2021.- Vol. 42, No. 6, P. 1183--1200.

© Кужаев А.Ф., 2022 г.

СЕКЦИЯ «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ И СПЕКТРАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОПЕРАТОРОВ»

УДК 517.9

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.5

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ СИСТЕМЫ ДВУХ ЭВОЛЮЦИОННЫХ УРАВНЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

Шайхиев Э.Р.¹, Сидельникова Н.А.², Низамова А.Д.³

¹Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

³Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

В работах Якоби, Клейна и Нётер было установлено, что законы сохранения для дифференциальных уравнений, получающихся из вариационного принципа, связаны инвариантностью вариационной задачи. Якоби [1] ввел в классическую механику вывод законов сохранения на основе симметрии. Клейн [2] анализировал с этой точки зрения уравнения общей теории относительности и подчеркивал важность изучения теоретико-групповой природы законов сохранения для произвольных дифференциальных уравнений.

В данной работе для системы двух эволюционных уравнений

$$\begin{cases} u_t = u_{xx} + f(uv) \cdot u, \\ v_t = v_{xx} + f(uv) \cdot v. \end{cases}$$

получены законы сохранения нулевого и первого порядков.

Литература

1. Якоби К. Лекции по динамике // М.-Л.: ОНТИ, 1936.
2. Klein F. Gesammelte math. Abhandlungen // Berlin. 1921.
3. Жибер А.В. Симметрии и интегралы нелинейных дифференциальных уравнений. Диссертация доктора физ.-мат. наук. 1994.
4. Муртазина Р.Д., Садриева Р.Т., Сидельникова Н.А. Регулярность решения радиального уравнения. Уфа: Вестник Башкирского университета, 2022. Т. 27, № 1. С. 18-24v. 48(6), pp. 576–584.
5. Галина Г.К., Муртазина Р.Д., Садриева Р.Т., Сидельникова Н.А., Низамова А.Д. Исследование решения одномерного стационарного уравнения Шредингера на бесконечности. Уфа: Вестник Башкирского университета, 2022. Т. 27, № 2. С. 250-258.

© Шайхиев Э.Р., Сидельникова Н. А., Низамова А.Д., 2022 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ УРАВНЕНИЯ $u_y = u_x + f(u)$

Зотова Е.И., Хасанов И.С., Муртазина Р.Д.

Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия

В работе проводится исследование характеристического кольца Ли с образующими

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial u}, \quad X_2 = (u_{xx} + f'(u) \cdot u_x) \frac{\partial}{\partial u_x} + D(u_{xx} + f'(u) \cdot u_x) \frac{\partial}{\partial u_{xx}} +$$

$$+ D^2(u_{xx} + f'(u) \cdot u_x) \frac{\partial}{\partial u_{xxx}} + D^3(u_{xx} + f'(u) \cdot u_x) \frac{\partial}{\partial u_{xxxx}} + \dots$$

уравнения $u_y = u_x + f(u)$.

Пусть L_2 - линейная оболочка образующих X_1 и X_2 , L_3 порождается элементом $X_{12} = [X_1, X_2]$, L_4 порождается коммутаторами $X_{112} = [X_1, X_{12}]$, $X_{212} = [X_2, X_{12}]$ и т.д.

Положим $\mathfrak{L}_n = \sum_{i=2}^{\infty} L_i$. В качестве классификационного критерия интегрируемости рассматриваемых уравнений используется свойство минимальности роста кольца

$$\dim \mathfrak{L}_n \leq \dim \mathfrak{L}_{n-1} + 2.$$

Литература

1. Жибер А.В., Муртазина Р.Д., Хабибуллин И.Т., Шабат А.Б. Характеристические кольца Ли и нелинейные интегрируемые уравнения. Ижевск: ИКИ, 2012.
2. Жибер А.В., Муртазина Р.Д., Хабибуллин И.Т., Шабат А.Б. Характеристические кольца Ли и интегрируемые модели математической физики // УМЖ, 2012. Т.4, №3. С.17-85.
3. Жибер А.В., Муртазина Р.Д. Характеристические алгебры Ли для уравнения $u_{xy} = f(u, u_x)$ // ФПМ. Гамильтоновы и лагранжевы системы. Алгебры Ли. 2006. Т.12, № 7. С. 65-78.

© Зотова Е.И., Хасанов И.С., Муртазина Р.Д., 2022 г.

СЕКЦИЯ «МЕХАНИКА»

УДК 532.546:536.421

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.7

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ В ПОРИСТОМ РЕЗЕРВУАРЕ ИЗНАЧАЛЬНО НАСЫЩЕННОМ ГАЗОМ И ВОДОЙ С УЧЕТОМ ДИФфуЗИОННОЙ СХЕМЫ

Кочанова Е.Ю., Улыбин В.С., Гималтдинов И.К.

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Россия

Интерес к изучению газогидратов, обусловлен множеством причин. Во-первых, природные скопления газогидратов представляют собой хранилище огромного количества природного газа, запасов которого хватило бы на несколько столетий. С другой стороны, природные газогидраты могут являться аккумуляторами промышленных и парниковых газов. В настоящей работе, на основе [1], численно исследуется процесс инжекции метана в резервуар, насыщенный газом и водой с учетом диффузионной схемы гидратообразования. Система основных уравнений, описывающая процесс гидратообразования с учетом диффузионной схемы, представляет собой уравнения сохранения массы и энергии, закон Дарси, уравнение состояния калорически совершенного газа. На основе численного решения представленной системы уравнений показано, что значения температуры и гидратонасыщенности возрастают на всем протяжении области, содержащей газ, гидрат и воду. При этом по мере установления давления, начиная от левой границы пласта, значения температуры и гидратонасыщенности принимают максимальные значения. Установлено, что с увеличением давления инжекции и приведенного коэффициента диффузии интенсивность гидратообразования увеличивается.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки России в сфере научной деятельности FEUR-2020-0004 «Решение актуальных задач и исследование процессов в нефтехимических производствах, сопровождающихся течениями многофазных сред».

Литература

1. Shagapov V.Sh., Rafikova G.R., Khasanov M.K. On the theory of formation of gas hydrate in partially water-saturated porous medium when injecting methane // High Temperature, 2016, v. 54(6), pp. 858–866.

© Кочанова Е.Ю., Улыбин В.С., Гималтдинов И.К., 2022 г.

КОЛЕБАНИЯ СТОЛБА ЖИДКОСТИ В ОТКРЫТОЙ СКВАЖИНЕ, ПОДВЕРЖЕННОЙ ГРП

Насырова Д.А.¹, Башмаков Р.А.²

¹Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Рассмотрены собственные колебания столба жидкости в нефтяной скважине, возникающие при резком закрытии или открытии насосов скважины (гидроударе). Период колебаний, интенсивность затухания колебаний определяются протяженностью столба жидкости, ее реологическими свойствами, а также коллекторскими характеристиками призабойной зоны пласта (в частности, коэффициентами проницаемости, качеством перфорации скважины и свойствами образованных трещин ГРП). На основе математической модели, описывающей движение столба жидкости в скважине, когда ее верхний конец открыт, и фильтрацию в призабойной зоне, подверженной ГРП, получены решения задачи о собственных затухающих колебаниях столба жидкости в скважине. Получим характеристическое уравнение для определения собственной частоты колебаний. Изучены зависимости частоты и коэффициента затухания колебаний давления на различных участках скважины от значений проницаемости пласта, параметров ГРП. Построили графики этих зависимостей. Показано, что акустическая диагностика основанная на анализе собственных колебаний в скважине может служить действенным инструментом для диагностики призабойной зоны скважины.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-11-00207, <https://rscf.ru/project/21-11-00207/>.

Литература

1. Шагапов В.Ш., Башмаков Р.А., Рафикова Г.Р., Мамаева З.З. Затухающие собственные колебания жидкости в скважине, сообщающейся с пластом // Прикладная механика и техническая физика. – 2020. – Т. 61, № 4 (362). – С. 5 – 14.
2. Шагапов В.Ш., Галиакбарова Э.В., Хакимова З.Р. К теории акустического сканирования повреждений подземных трубопроводов // Акустический журнал. 2021. Т. 67, № 6. С. 1-12.

© Насырова Д.А., Башмаков Р.А., 2022 г.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛАБОРАТОРНОГО И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ ЗАТОПЛЕННОЙ СТРУИ

Кильдибаева С.Р., Суяргулова Э.Э.

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,
г. Стерлитамак, Россия

В 2002 году Socolofsky S.A. и Adams E.E. провели лабораторный эксперимент с целью изучения течения затопленных струй, в состав которых входили нефть, воздух и подкрашенный спирт [1]. В рамках эксперимента исследовалось взаимодействие компонентов выброса с окружающей водой под действием течения окружающей среды.

В работе [2] Chen и Yara использовали результаты описанного выше эксперимента для тестирования модели. В результате данного исследования были представлены графики многофазной струи, с учетом эффекта отделения газовых пузырьков от основной части струи.

Рассмотренная в работе [3] математическая модель была реализована в программе, написанной на языке C++. После считывания начальных данных (течение окружающей воды u_w , объемные расходы нефти Q_o и газа Q_g) решается система дифференциальных уравнений, позволяющая определить основные характеристики течения. Результаты расчетов записываются в текстовый файл *Means.txt*. Данный файл будет использоваться для построения графиков зависимостей температуры, скорости, плотности, объемных содержаний компонентов струи от вертикальной координаты z . Для сравнения экспериментальных и расчетных данных для траектории струи на задний план полученного графика можно загрузить обработанный снимок эксперимента.

На основе полученных графиков можно оценить точность построенной модели. Данный метод также позволяет проанализировать влияние коэффициента E на траекторию струи.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда проект № 21-79-10227.

Литература

1. Socolofsky, S.A., Adams, E.E. // J. Hydraul, 2002, v. 40, pp. 661-672.
2. Chen, F., Yara, D. // J. of Marine Systems, 2004, v. 45, pp. 189 – 203.
3. Кильдибаева, С.Р., Гималтдинов, И.К. // Вестник Южно-Уральского государственного университета, 2019, т. 12(1), с.137-143.

© Кильдибаева С.Р., Суяргулова Э.Э., 2022 г.

ЗАДАЧА О РАСПАДЕ РАЗРЫВА

Жуковец А.И., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Задача о распаде разрыва играет заметную роль в газовой динамике. Гиперболическими системами линейных дифференциальных уравнений первого порядка моделируются процессы в физике, биологии, экономике и других прикладных областях. Различные варианты точного и приближенного решения находят применение в методах численного расчета одно- и многомерных течений сжимаемых жидкостей. При построении численных алгоритмов решения краевых задач для таких систем уравнений, с использованием аппроксимации решения кусочно-гладкими функциями, ключевым моментом является решение задачи о распаде разрыва. Так, на использовании точного решения задачи построен классический метод С. К. Годунова для численного решения уравнений газовой динамики.

Понятие разрыва вводится следующим образом. Пусть имеется некая плоскость, которая делит пространство, заполненное газом, на две части. В каждой из областей параметры газа постоянны, но отличаются друг от друга. Произвольный разрыв, вообще говоря, распадается на два возмущения, которые распространяются в противоположные стороны. Такими возмущениями могут быть либо две ударные волны, либо ударная волна и волна разрежения, либо две волны разрежения. При распаде разрыва не могут возникнуть две ударные волны, распространяющиеся в одну сторону. Скорость распространения волн должна быть постоянной. Две ударные волны из одной точки в одну сторону распространяться не могут: они обязательно догонят друг друга, поскольку скорость первой из них меньше скорости звука относительно газа за ней, а скорость второй больше скорости звука относительно газа перед ней. По той же причине при распаде разрыва не могут образоваться ударная волна и волна разрежения, распространяющиеся в одну сторону, равно как и две волны разрежения.

Решение задачи о распаде разрыва заключается в отыскивании такой совокупности устойчивых разрывов, которая позволяет с помощью условий на них связать значения всех характеристик среды справа и слева от поверхности произвольного разрыва.

Литература

1. Куликовский А.Г., Погорелов Н.В., Семенов А.Ю. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. 608 с.
2. Зельдович Я. Б., Райзер Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. — Москва: Наука, 1966. — С. 41. — 688 с.

© Запихаина М.Н., Жуковец А.И., 2022 г.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ЗАДАЧА О ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В КАНАЛЕ КОЛЬЦЕВОГО ТИПА

Низамова А.Д.¹, Киреев В.Н.², Урманчиев С.Ф.¹

¹Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Исследования проблемы о гидродинамической устойчивости течения жидкости является одной из актуальных задач гидродинамики в настоящее время [1].

В представленной работе рассматривается течение несжимаемой термовязкой жидкости в кольцевом канале с заданными внутренним и внешним радиусами под действием постоянного перепада давления. Представлена математическая модель процесса, с помощью которой, алгебраическими преобразованиями, получено модифицированное уравнение для исследования устойчивости течения жидкости в канале кольцевого типа.

Численный анализ спектров собственных значений показал, что для малых значений параметра термовязкости жидкости спектр собственных значений имеет качественное сходство со спектром собственных значений в случае изотермического течения жидкости в плоском канале. Однако, увеличение значений этого параметра приводит к изменению вида спектра – собственные значения, располагавшиеся в одной вертикальной линии начинают распадаться на несколько ветвей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ проект № 22-21-00915.

Литература

1. Nizamova, A.D., Murtazina, R.D., Kireev, V.N., Urmanchev, S.F. Features of Laminar-Turbulent Transition for the Coolant Flow in a Plane Heat-Exchanger Channel // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2021, Vol. 42, No. 9, pp. 2211–2215. DOI: 10.1134/S1995080221090249.

© Низамова А.Д., Киреев В.Н.,
Урманчиев С.Ф., 2022 г.

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

УДК 517.925

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.12

ПОСТРОЕНИЕ РЕШЕНИЙ АНАЛОГОВ ВРЕМЕННЫХ УРАВНЕНИЙ ШРЕДИНГЕРА

Павленко В.А.

Институт математики с ВЦ УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

В работе строятся решения аналогов временных уравнений Шредингера, которые соответствуют гамильтоновой системе Кимуры $H(2+2+1)$. Помимо шести уравнений Пенлеве, которые интегрируются методом изомонодромной деформации (ИДМ) в настоящее время нарастает интерес и других дифференциальных уравнений, которые интегрируются ИДМ. На сегодня известен конечный список таких пар. Они опубликованы в статье [1]. Этот список дополнен в статье [2].

В статье [3] выписана другая гамильтонова система $H(2+2+1)$. Также в этой системе выписана специальная система обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), условием совместности которых и является гамильтонова система $H(2+2+1)$, которая выписана в статье [3].

В данной работе строятся явные решения аналогов временных уравнений Шредингера, которые соответствуют гамильтоновой системе $H(2+2+1)$. При этом они явные в терминах решений системы ОДУ, выписанных в статье [3].

Литература

1. Н. Kimura, // The degeneration of the two dimensional Garnier system and the polynomial Hamiltonian structure. *Annali di Matematica pura et applicata IV*. V. 155. No. 1. P. 25 -- 74.
2. Н. Kawamuko., // On the Garnier system of half-integer type in two variables, *Funkcial. Ekvac.* 2009. V. 52. No. 2. P. 181—201.
3. Н. Kawakami, А. Nakamura, Н. Sakai., // Degeneration scheme of 4-dimensional Painleve-type equations. arXiv:1209.3836 (2012).

© Павленко В.А., 2022 г.

СЕКЦИЯ «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТАТИСТИКА»

УДК 532.22

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.13

О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СУШКИ ЯЧМЕНЯ

Павленко В.А.¹, Арсланбекова С.А.², Дик Е.Н.², Загиров И.И.²,
Зарипов Р.Р.², Зиянгирова С.Р.², Камильянов М.Р.², Сахибгараев Б.А.²,
Токарев Р.И.², Яппаров А.А.²

¹Институт математики с ВЦ УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

В работе строится математическая модель процесса сушки ячменя. В данной модели отражено изменение температуры, влагосодержания и давления с течением времени.

Студенты под руководством преподавателей провели пять опытов. Они отличались тем, что в определенный момент воздух из резервуара с ячменем выкачивался до разных значений. Установлено, что наиболее эффективно выкачивать давление до 41 308 Па.

В работе [1] дана система дифференциальных уравнений, которые описывают процесс сушки зерна. Однако, проблема в том, что найти коэффициенты в литературе, интернете не представляется возможным. Измерить лабораторным путем тоже. Поэтому, на основании опытов, они были выведены математически.

Литература

1. Лыков А.В., // Теория сушки, М. Энергия, 1968

© Павленко В.А., Арсланбекова С.А., Дик Е.Н.,
Загиров И.И., Зарипов Р.Р., Зиянгирова С.Р.,
Камильянов М.Р., Сахибгараев Б.А.,
Токарев Р.И., Яппаров А.А., 2022 г.

ЗАДАЧА ОБ ОБРАЗОВАНИИ ЛЬДА В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Соколова А.В., Запивахина М.Н., Дударева О.В.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Рассматривается задача об инъекции воды в пористую среду, насыщенную льдом и газом. Будем полагать, что при закачке воды в пористой среде происходит прихват тепла скелетом и в порах образуется лед. Следует рассмотреть случай, когда фазовые переходы происходят в объемной области, при котором в результате закачки воды от границы вглубь пласта начинает распространяться объемная область образования льда, разделяющая пласт на три зоны. В первой области в порах присутствует вода, во второй области содержится вода и лед, в третьей области находится лед и газ [1].

Насыщенность пор льдом в дальней области равна исходной льдонасыщенности пласта S_{i0} . Будем также полагать, что в начальный момент температура пористой среды равна T_0 , а давление p_0 :

$$t = 0: p = p_0, T = T_0$$

Допустим, что через границу закачивается вода с температурой T_e при постоянном давлении p_e . Кроме этого будем полагать, что температура на границах областей меняется скачкообразно. Температура в ближней зоне T_1 равна температуре закачиваемой воды T , температура в промежуточной области T_2 равна температуре плавления $T_{(n)}$, а температура в дальней области T_3 равна исходной температуре пористой среды T_0 .

Тогда граничное условие имеет вид:

$$x = 0: p = p_e, T = T_e (t > 0)$$

Таким образом, исходя из данной постановки задачи, можно понять, что на инъекцию воды в пористую среду имеют влияние исходные параметры этой среды, насыщенной льдом и газом, а также температуры воды на границах областей.

Литература

1. Хасанов М. К. Инъекция газа в пористую среду, сопровождающаяся образованием гидрата // Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия. – 2008. – №3(62).

© Соколова А.В., Запивахина М.Н.,
Дударева О.В., 2022 г.

ОБ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПАТТЕРНАХ В ЗАДАЧЕ КОЛЛАТЦА

Шарипов Р.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Последовательность Коллатца целых положительных чисел определяется рекурсивно: $a_{n+1} = 3a_n + 1$, если a_n нечётно, и $a_{n+1} = a_n/2$, если a_n чётно. Её фрагмент вида (нечет→чёт)→...→ (нечет→чёт) с s -кратным повторением пары (нечет→чёт), после которого идёт чётное число, называется s эволюцией. Её фрагмент вида (чёт→...→чёт) с q -кратным повторением чётных чисел, после которого идёт нечётное число, называется q эволюцией. Любая последовательность Коллатца представляет собой некоторое чередование s и q эволюций, где $s \geq 1$ и $q \geq 1$. Поэтому с каждой последовательностью Коллатца ассоциируется некоторая последовательность целых положительных чисел, совпадающих с кратностями чередующихся s и q эволюций в ней. Эта последовательность называется эволюционным паттерном, эволюционной схемой или же эволюционной моделью соответствующей последовательности Коллатца. Она бесконечна, но из неё можно выделить конечный фрагмент, который будет называться конечным эволюционным паттерном.

Автором доклада в работе [1] доказано, что любая конечная последовательность целых положительных чисел может быть реализована как последовательность s и q эволюций для некоторой конкретной последовательности Коллатца. Способ доказательства алгоритмируем. Соответствующий алгоритм может применяться при компьютерном поиске циклов — периодически повторяющихся последовательностей Коллатца.

Сама задача Коллатца входит в список нерешённых математических проблем. Она состоит в том, чтобы доказать или опровергнуть гипотезу о том, что любая последовательность Коллатца рано или поздно достигает значения $a_k = 1$. Задача была сформулирована Лотаром Коллатцем в 1937 году и с тех пор остается открытой.

Литература

1. Sharipov R.A., *Evolution patterns in Collatz problem*, 2022, e-print arXiv:2202.04441.

© Шарипов Р.А., 2022 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ СПИНОВОГО СТЕКЛА С ПОМОЩЬЮ ГЛУБИННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙКапитан Д.Ю.^{1,2}, Рыбин А.Е.^{1,2}, Васильев Е.В.^{1,2}, Шевченко Ю.А.^{1,2},Король А.О.^{1,2}, Овчинников П.А.^{1,2}, Нефедев К.В.^{1,2}¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия²Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Спиновые стекла качественно отличаются от других решетчатых моделей наличием фрустраций – сильной конкуренции магнитных взаимодействий и беспорядка – застыванием атомов при охлаждении. Вследствие этих ключевых особенностей спиновые стекла имеют большие времена релаксации, грубый энергетический ландшафт, а также макроскопическое вырождение основных состояний. Что в свою очередь приводит к тому, что численное моделирование и тем более аналитическое описание таких систем представляет собой трудную задачу.

В данной работе [1] нами была представлена методика расчета значений термодинамических средних модели фрустрированного спинового стекла с помощью глубоких нейронных сетей. Было исследовано влияние архитектуры нейронной сети на скорость и точность расчетов для моделей спинового стекла $N=6 \times 6$ и 10×10 с различным распределением обменного интеграла J . Были предложены особые архитектуры нейронных сетей, позволяющие увеличить точность и уменьшить ошибку по сравнению с полностью связными моделями. Использование обученных нейронных сетей позволяет сократить время на порядки по сравнению с классическими численными подходами при моделировании систем спинового стекла.

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что архитектуры нейронных сетей, имитирующие структуру спиновых решеток лучше приспособлены к расчету моделей спинового стекла. В рамках развития данной темы использования нейронных сетей в моделировании сложных магнитных систем интересно рассмотреть сверточные модели нейронных сетей на решетках.

Работа выполнена при поддержке Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № 0657-2020-0005.

Литература

1. Andriushchenko P., Kapitan D., Kapitan V. A New Look at the Spin Glass Problem from a Deep Learning Perspective//Entropy, 2022, 24(5), p.697.

© Капитан Д.Ю., Рыбин А.Е., Васильев Е.В., Шевченко Ю.А., Король А.О., Овчинников П.А., Нефедев К.В., 2022 г.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ГИБРИДНЫЙ МУЛЬТИСПИНОВЫЙ МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ДВУМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЭДВАРДСА- АНДЕРСОНА

Рыбин А.Е.^{1,2}, Капитан Д.Ю.^{1,2}, Макаров А.Г.^{1,2}, Васильев Е.В.^{1,2},
Капитан В.Ю.^{1,2}, Овчинников П.А.^{1,2}, Нефедев К.В.^{1,2}

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

²Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

В данной работе авторы рассматривают двумерную модель Эдвардса-Андерсона [1], в которой обменный интеграл J_{ij} является случайной функцией, а среднее значение J_{ij} равно нулю. Одной из актуальных проблем для модели Эдвардса-Андерсона является поиск основного состояния. Мы предложили параллельную модификацию для мультиспинового алгоритма Монте-Карло [2]. Для ускорения вычислений было предложено использовать параллельные вычисления с помощью библиотеки OpenMP. Наш метод позволяет искать низкоэнергетические состояния или даже основные состояния. Мы исходим из предположения, что минимизация энергии подсистем должна приводить к минимизации энергии всей системы.

Мы рассчитали основные состояния рассматриваемой модели с размером решетки 36, 100, 400 и 900 спинов, используя различные методы. Предложенный метод показал эффективность на уровне точного решения при малых размерах решетки, и наименьшее значение основного состояния при больших решетках, сохраняя скорость расчета на уровне Монте-Карло.

Достоинство параллельного гибридного алгоритма состоит в том, что с помощью него можно вычислять сразу множество свойств магнитных наносистем больших, но конечных размеров, кроме того, алгоритм способен приводить сложные системы спинов Изинга к основному состоянию.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ РФ № НШ-2559.2022.1.2.

Литература

1. S. Edwards, P. Anderson, Theory of spin glasses, Journal of Physics F: Metal Physics 5 (5) (1975) 965–974
2. Makarov A., On the Numerical Calculation of Frustrations in the Ising Model / A. Makarov et al. // JETP Letters – 2019. – Vol.110 – p.702-706

© Рыбин А.Е., Капитан Д.Ю., Макаров А.Г., Васильев Е.В., Капитан В.Ю., Овчинников П.А., Нефедев К.В., 2022 г.

МОДЕЛЬ ОГРАНИЧЕННОГО РОСТА. МОДЕЛЬ ФЕРХЮЛЬСТА

Давлетова К.Р., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

При изучении математического моделирования рассматриваются модели неограниченного и ограниченного роста. У моделей неограниченного роста есть существенный недостаток – они могут реализовываться только на ограниченном промежутке времени, в то время как ограниченные модели могут работать в неограниченных рамках времени. Одной из таких базовых моделей является модель Ферхюльста.

Пьер Франсуа Ферхюльст – бельгийский математик, предложил свою модель в 1848 году. Его идея заключалась в том, что любая популяция при развитии, достигает своей максимальной численности, зависящей от факторов внешней среды.

Модель ограниченного роста Ферхюльста выражается уравнением:

$$\frac{dx}{dt} = rx\left(1 - \frac{x}{K}\right) \quad (1.1)$$

Данная формула основана на уравнении Мальтуса, но имеет весомое отличие в качестве переменной K – «емкость экологической ниши». Параметр носит системный характер, ведь не имеет биологического или физического смысла, т.е. определяется целым рядом различных обстоятельств.

Если начальное значение численности популяции $x_0 < \frac{K}{2}$, то кривая роста имеет точку перегиба $\left(\frac{1}{r} \ln \frac{K-x_0}{x_0}; \frac{K}{2}\right)$. При $x_0 > K$ численность постепенно убывает.

Большим недостатком модели Ферхюльста считается то, что она строится в предположении о том, что заранее известна емкость экологической ниши K . А на самом деле, отыскание этой величины очень часто и является основной целью исследования.

Литература

1. Неймарк Ю.И. / Математическое моделирование как наука и искусство: Учебник – 2-е изд., испр. И доп. – Н.Новгород: Изд-во Нижегородского гоуниверситета, 2010. – 420 с.

© Давлетова К.Р., Запивахина М.Н., 2022 г.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАРОЦИКЛИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С УЧЕТОМ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПО СТВОЛУ СКВАЖИНЫ

Ковальчук Т.Н., Гильманов А.Я., Шевелёв А.П.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Пароциклическое воздействие (ПЦО) является одним из наиболее распространенных методов термической добычи, используемых для залежей тяжелой нефти [1] и характеризуется наиболее высокой тепловой эффективностью.

Одной из проблем является успешная доставка теплоносителя на забой скважины. Использование технологии кратковременных динамических температурных исследований (КДТИ) позволяет контролировать динамику изменения температуры по всей длине скважины.

Математическое моделирование ПЦО, определение и оптимизация основных технологических параметров позволяет повысить эффективность воздействия в несколько раз. Поэтому в работе была поставлена цель создать методику, которая позволит производить экспресс-оценку технологических параметров, с использованием данных КДТИ, при этом установить наличие оптимальных времён закачки теплоносителя, выдержки скважины на конденсацию и этапа добычи нефти.

В основе интегрального подхода к описанию процесса пароциклического воздействия лежат уравнения механики многофазных систем. Авторами впервые был предложен комплексный подход, связывающий задачи транспортировки теплоносителя и определения оптимальных параметров обработки пласта.

Таким образом, были определены времена закачки теплоносителя, выдержки скважины на конденсацию и этапа добычи нефти с учётом снижения паросодержания при движении теплоносителя по стволу скважины.

Литература

1. Guillermo A. Alzate-Espinosa; Abel J. Naranjo-Agudelo; Edson F. Araujo-Guerrero и др. // ISRM 9th International Symposium on Geomechanics. 2021. ISRM-ISG-2021-03

© Ковальчук Т.Н.,

Гильманов А.Я., Шевелёв А.П., 2022 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРКОЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ

Овчинников П.А., Васильев Е.В.,

Капитан Д.Ю., Рыбин А.Е., Капитан В.Ю.

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

В последние два десятилетия неуклонно растет интерес к кинетике и фазовым переходам. Приложения этих систем варьируются от физики, например, статистической физики, критических явлений и конденсированной материи до менее традиционных областей, таких как биология, экология. Кинетические контактные процессы, моделирующие, например, распространение эпидемических заболеваний или репликацию популяции, являются простейшими кинетическими моделями, демонстрирующими такие неравновесные фазовые переходы при варьировании их параметров [1]. В последнее время для решения подобных задач начали применяться новые вычислительные подходы, такие как машинное обучение и нейронные сети. Одним из актуальных подходов является применение алгоритмов свёрточных нейронных сетей для анализа, классификации и извлечения признаков. В качестве признака классификации можно выделить наличие или отсутствие перколяции, количество перколирующих кластеров их размер и протяженность. Применение алгоритма машинного обучения позволит классифицировать систему по набору входных данных, без применения дополнительных алгоритмов обработки. В данной работе рассматривается одномерная модель Изинга и её развитие во «времени», а также возможные подходы к решению вышеописанных задач и разработанная архитектура свёрточной нейронной сети способная успешно классифицировать и определять протяженность скрытых перколирующих кластеров.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ РФ № НШ-2559.2022.1.2.

Литература

1. Timonin P. N., Chitov G. Y. Hidden percolation transition in kinetic replication process //Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical. – 2015. – Т. 48. – №. 13. – С. 135003.

© Овчинников П.А., Васильев Е.В.,
Капитан Д.Ю., Рыбин А.Е., Капитан В.Ю., 2022 г.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ

Сулейманов Т.Р., Бердникова М.Л.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В мире все больше людей отдают предпочтение более легкому доступу к мобильной информации. С каждым днем увеличивается количество пользователей, которые используют мобильные версии сайтов, а также приложений. Это означает, что десктопные версии утрачивают свою известность среди людей. Современные тенденции говорят о том, что использование мобильных приложений становится всё актуальнее. Это связано с тем, что они имеют ряд преимуществ: доступность связи, относительно небольшой размер устройств, а также функционал. Статистика говорит о том, что телефоны начинают вытеснять стационарный компьютер. Но не всегда существует мобильный аналог компьютерной версии, тогда активным пользователям приходится использовать сразу два устройства, что является минусом.

На данный момент существует ряд операционных систем, которые используются на мобильных телефонах. ОС Android — является «одной из наиболее простых и одновременно комплексных платформ, вся система скачивается за один раз». Для смартфонов с этой ОС и было разработано мобильное приложение «Мой БашГУ» для иностранных студентов Башкирского государственного университета.

В приложении имеются следующие разделы:

«Личный кабинет», в котором помимо фамилии и имени содержится информация о группе, курсе и ступени образования. Имеются функции изменения пароля и просмотр уведомлений от отдела рекрутинга и сопровождения иностранных обучающихся.

«Настройки» для просмотра или изменения почты, смены пароля.

«Кампус», содержащий основные функции приложения, такие как «Часто задаваемые вопросы», «Заказать документ», «Адреса и контакты», «Миграционное законодательство».

«Афиша», в котором содержатся ближайшие мероприятия.

«Карта». Карты использованы от Яндексa, так как они локализованы и читабельны.

Литература

1. Android для разработчиков. 3-е изд. — СПб.: Питер, 2016 (Серия «Библиотека программиста»).

© Сулейманов Т.Р., Бердникова М.Л., 2022 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ УНТ/ПОЛИМЕР

Акманов И.С.

Сколковский институт науки и технологий, г. Москва, Россия

Углеродные нанотрубки (УНТ) привлекают огромное внимание во многих областях науки благодаря своим экстраординарным физическим свойствам: механическим, электрическим и тепловым. Это сочетание свойств делает их идеальными кандидатами в качестве материалов наполнителей в композитах [1]. Представляет интерес численно прогнозировать широкий спектр свойств нанокompозитов в зависимости от их конфигураций. Целью исследования являлось создание цифровых двойников нанокompозитов УНТ/полимер для прогнозирования эффективных свойств. Анализ методом конечных элементов проводился с помощью программы Abaqus [2]. Моделирование заключалась в создании репрезентативного объемного элемента композита (рис.1), и далее, после приложения механических, электрических или тепловых нагрузок рассчитывались соответствующие эффективные свойства. Генерация нанотрубок производилась в соответствии с алгоритмом из [3].

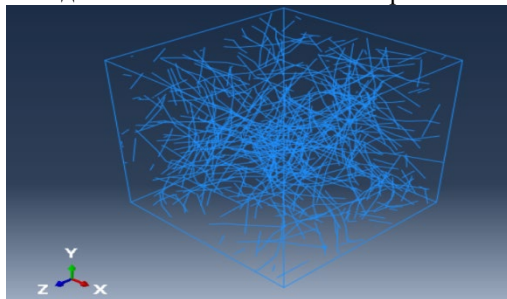


Рис. 1. Репрезентативный объемный элемент композита УНТ/полимер
Данная модель способна рассчитывать механические, электрические, электромеханические и тепловые свойства нанокompозита

Литература

1. Coleman J. N. et al. Small but strong: a review of the mechanical properties of carbon nanotube–polymer composites //Carbon. – 2006. – Т. 44. – №. 9. – С. 1624-1652.
2. Abaqus Analysis User's Manual (Dassault Systèmes Simulia).
3. Gudkov N. A. et al. Influence of carbon nanotubes parameters, boundary conditions, and scaling of the representative volume on percolation and electric permeability of a nanocomposite //arXiv preprint arXiv:2009.06013. – 2020.

© Акманов И.С., 2022 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ДЛИНЕ НЕФТЕМАТЕРИНСКОЙ ПОРОДЫ ПРИ СВЧ НАГРЕВЕ

Усманов Б.А., Зиннатуллин Р.Р., Мусин А.А., Гайсин И.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Проведено физическое и математическое моделирование распределения температуры в образце нефтематеринской породы при одностороннем микроволновом облучении магнетроном ($\omega = 2,45$ ГГц, $P = 800$ Вт). Распределение температуры определяется из решения уравнения теплопроводности для насыщенной пористой среды с распределенными источниками тепла [1].

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c_p} \Delta T + \frac{q}{c_p} \quad (1)$$

где c_p – объемная теплоемкость насыщенной пористой среды; λ – коэффициент теплопроводности насыщенной пористой среды; q – плотность распределенных источников тепла в насыщенной пористой среде.

В соответствии с условиями проведения эксперимента плотность распределенных источников тепла записывается с учетом затухания электромагнитной волны:

$$q = 2\alpha P_0 e^{-2\alpha r} \quad (2)$$

где α – коэффициент поглощения электромагнитной волны; P_0 – плотность потока энергии, излучаемой магнетроном; r – расстояние от источника излучения до расчётной точки.

Математическая модель, построенная в открытой программной среде FreeFem, валидирована по результатам физического моделирования диэлектрического нагрева нефтематеринской породы до 105°C . Проведён анализ несоответствия результатов физического и математического моделирования, вызванного неучтением в модели зависимости диэлектрических свойств образца от температуры. Приведенные результаты показывают объемный характер нагрева образца при микроволновом облучении. Определена интенсивность сверхвысокочастотного электромагнитного нагрева.

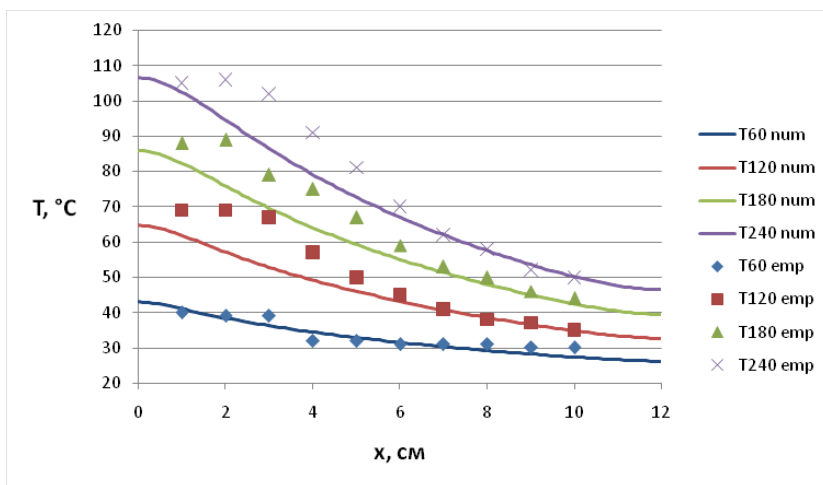


Рис. 1. Кривые распределения температуры по длине образца в моменты времени 60, 120, 180 и 240 секунд: маркеры — эксперимент, линии — расчет

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00535 А.

Литература

1. Davletbaev, A. Y., Kovaleva, L. A., & Nasyrov, N. M. (2009). An investigation of the processes of heat and mass transfer in a multilayer medium under conditions of injection of a miscible agent with simultaneous electromagnetic stimulation. *High Temperature*, 47(4), 574–579.

© Усманов Б.А., Зиннатуллин Р.Р.,
Мусин А.А., Гайсин И.В., 2022 г.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В АЛЮМИНИЕВОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ

Купцова А.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Основным способом производства алюминия и других цветных металлов в промышленности является электролиз. Проведение вычислительных экспериментов для исследования и оптимизации моделируемых процессов становится возможным благодаря математическим моделям электрических полей в электролизерах и их компьютерным реализациям.

В многоэлементной электрохимической системе математическая модель для потенциала электрического поля имеет вид краевой задачи для уравнения эллиптического типа с граничными условиями 1-го, 2-го, 3-го и 4-го рода [1]. В анодной и катодной зонах на границах между элементами ставятся простые условия сопряжения при идеальном контакте. На границах электролита решение подчинено основанным на экспериментальных данных краевым условиям.

Исходная краевая задача эквивалентна системе уравнений Лапласа в анодной, катодной зоне и зоне электролита. В каждой из зон строится внешняя итерационная последовательность решений отдельных подзадач, которые решаются методом граничных элементов [2].

Алгоритм реализован в программном проекте на языке C++ для двумерных постановок рассматриваемой задачи в сечениях электролизера [3]. Предложенный подход применим и для решения аналогичных задач в трехмерных областях, так как основой итерационного процесса является метод граничных элементов.

Литература

1. Иванов В.Т., Болотнов А.М. Пакет прикладных программ для численного исследования электрических полей в неоднородных электрохимических системах // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 1991. № 6. С. 21–28.
2. Болотнов А.М. Методы граничных элементов в расчетах электрических полей электрохимических систем. Уфа: РИО БашГУ. 2002. 143 с.
3. Болотнов А.М., Купцова А.Ф., Иванов В.Н. Математическое моделирование электрических полей в электролизных технологиях // Доклады Башкирского университета. 2021. Том 6. № 1. С. 1-7.

© Купцова А.Ф., 2022 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТУРА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ НА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ ДОБЫЧИ/ЗАКАЧКИ ЖИДКОСТИ

Тимершаехов Д.Ф., Давлетбаев А.Я.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Проведение гидродинамических исследований скважин (ГДИС) на установившихся режимах добычи/закачки методом построения индикаторной диаграммы (ИД) позволяет получить пластовое давление на контуре исследования. Определение расстояния до контура, на котором определено это давление, является отдельной значимой задачей. В литературе встречаются разные выражения для определения контура исследования, но они имеют общий вид [1 – 4]:

$$y_{inv} = K \sqrt{\frac{k}{\mu\beta} \Delta t}, \quad (1)$$

где k – проницаемость, м^2 ; μ – вязкость, $\text{Па}\cdot\text{с}$; β – сжимаемость, $1/\text{Па}$; Δt – длительность режима, с. Отличием в полученных авторами формулах является коэффициент K , который принимает значения:

$$K = 2, K = \sqrt{12}, K = 1.4986.$$

На основе численных расчетов в гидродинамическом симуляторе ПК «РН-КИМ» показано что, известные коэффициенты K для выражения (1) не всегда точно описывают движение фронта возмущения по давлению. В работе обсуждается способ уточнения коэффициента K путем численного гидродинамического моделирования для оценки контура исследования при ГДИС на установившихся режимах добычи/закачки.

Литература

1. Басниев К. С., Кочина И. Н. Максимов В. М. Подземная гидромеханика: учебник для вузов – М.: Недра. 1993. – 416с.
2. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика – М.: Гостоптехиздат. 1963. – 396 с.
3. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах – М.: Недра. 1984. – 207 с.
4. Валеева Э.З., Асалхузина Г.Ф., Давлетбаев А.Я. Моделирование исследований методом установившихся режимов закачки в низкопроницаемых коллекторах – Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2016. №6. С.39–46.

© Тимершаехов Д.Ф., Давлетбаев А.Я., 2022 г.

АППРОКСИМАЦИЯ МАТРИЦЫ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Сынбулатов А.М, Белова А.С.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Большинство математических методов решения задач экономики связаны с решением линейных задач большой размерности. Для понижения вычислительной сложности которых обычно используется специальная структура матриц.

В докладе рассматриваются матрицы, соответствующие следующим правилам: строки и столбцы таких матриц ассоциированы с некоторыми элементами в пространстве, определена функция взаимодействия этих элементов, если функция взаимодействия гладкая, то взаимодействие групп элементов приближаются малым числом параметров [1] (критерий разделения). Таким образом, рассматриваемые блоки матриц имеют малый ранг.

Известно (см., например, [2]), что если матрица A получена при конечно-элементной дискретизации дифференциального уравнения, удовлетворяющего некоторым ограничениям, то обратная к ней приближается блочно-малоранговой матрицей. Блоки малого ранга представляются в виде произведения матриц меньшего размера, что не только экономит машинную память, но и допускает быструю процедуру умножения такой матрицы на вектор.

В докладе будет рассмотрен эффективный способ аппроксимации блоков матрицы с положительными элементами в виде произведения столбца на строку. Предлагается способ сведения аппроксимирующей задачи к транспортной задаче в матричной постановке, реализуется алгоритм решения аппроксимирующей задачи. Представленный метод может быть применен для приближенного систем с плотными матрицами [1 - 2] в задачах аэродинамики, а также в прикладной статистике.

Литература

1. Tyrtysnikov, E.E. Mosaic-skeleton approximations / E.E. Tyrtysnikov // *Calcolo*. – 1996. – Vol. 33, no. 1. – P. 47–57.
2. Оселедец, И.В. Применение нелинейных методов аппроксимации для быстрого решения задачи о распространении звука в мелком море / И.В. Оселедец, Д.В. Савостьянов, С.Л. Ставцев// *Методы и технологии решения больших задач: сб. науч. тр.* – ИВМ РАН, 2004. – С. 171–192.

© Сынбулатов А.М, Белова А.С., 2022 г.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В МОДЕЛИРОВАНИИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Мустафина С.И., Акимов А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

На сегодняшний день трехмерное моделирование объектов широко востребовано во многих областях – от образования до промышленности. Методы 3D-визуализации позволяют по-новому взглянуть на решение проблем в различных направлениях науки. В данной работе предлагается метод, который позволяет достичь самых современных результатов для синтеза объектов за счет оптимизации лежащей в основе непрерывной функции с использованием набора входных изображений, состоящего из 40-60 фотографий с известными положениями фотокамеры. Предлагаемый алгоритм использует полносвязную глубокую сеть и позволяет синтезировать новые модели с помощью пятимерных координат и классических методов объемной визуализации. Полученный метод количественно и качественно превосходит современные методы синтеза трехмерных изображений [1], в том числе работы, которые адаптируют нейронные трехмерные представления к сценам [2], а также работы, обучающие глубокие сверточные сети для предсказания дискретных объемных представлений [3].

В работе разобрана структура, проанализированы и определены формы представления входных и выходных данных. Определена основная алгоритмическая идея метода. Создан алгоритм рендеринга трехмерных изображений на основе полносвязной сверточной сети. Систематизирована информация, полученная в ходе исследований, и разработан программный код, решающий поставленную задачу. Проведена апробация разработанного алгоритма на тестовых примерах с подготовленными набора входных изображений.

Литература

1. Richard Szeliski Computer Vision: Algorithms and Applications, 2nd ed. Режим доступа: <http://szeliski.org/Book/> (дата обращения 25.05.2021).
2. Max N. Optical models for direct volume rendering // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 1995. Т. 1. № 2. С. 99-108.
3. Vaswani A. et al. Attention is all you need // arXiv preprint arXiv:1706.03762. 2017.

© Мустафина С.И., Акимов А.А., 2022 г.

**О КОРРЕЛЯЦИОННОМ МЕТОДЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК**

Шираева А.А, Гесс Д.-Л.З.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Известно, что в скоплениях галактик, представляющих собой гравитационно-связанные структуры с массами порядка 10^{14} – 10^{15} масс Солнца, сосредоточено огромное количество темной материи. Хотя гравитационный потенциал практически полностью обусловлен именно этим компонентом, чья массовая доля составляет обычно не менее 90% от общей массы скопления, плазма между галактиками при высокой температуре (типичные значения 10^7 – 10^8 К) испускает рентгеновское излучение при тепловом тормозном излучении. Этот межгалактический газ, как предполагается, должен находиться в гидростатическом равновесии, иметь плавное распределение плотности и температуры, соответствуя рассчитанным эквипотенциальным поверхностям. В то же время очевидно, что динамическое равновесие может нарушаться в ходе, например, таких масштабных процессов, как слияние галактик. Определенный вклад могут вносить также нетепловые процессы, связанные с наличием сильных магнитных полей, ударных волн и активности в ядрах галактик.

Процессы, происходящие в межгалактической среде, описаны во многих работах, однако большинство из них отталкивается от двух предположений: 1) скопления находятся в состоянии гидродинамического равновесия; 2) их компоненты – галактики и межгалактический газ – распределены в строжайшем соответствии с гравитационным потенциалом (см. напр. [1], [2]). Но исследование скоплений, находящихся в процессе слияния, показывает, что эти предположения нельзя считать безусловно верными [3]. Пространственное распределение массы, полученное при помощи гравитационного линзирования, демонстрирует расхождение с результатами, ожидаемыми в рамках концепции холодной темной материи (CDM). Скажем, в работе [4] указывается на противоречие между теоретическими данными из компьютерной модели CDM и наблюдательными данными, полученными благодаря гравитационному линзированию. В этой связи представляется важным как развить уже

имеющиеся методы исследования распределения галактик и межгалактического газа, так и предлагать новые.

В нашей работе планируется применить новый метод анализа динамического равновесия галактических скоплений, предполагающий сравнение их расчетных спектров излучения с экспериментальными данными. Корреляционный метод будет основываться на сравнении данных Хаббловского космического телескопа (карты распределения материи, построенные по результатам гравитационного линзирования) и космической рентгеновской обсерватории «Чандра». Подобная методика позволяет с беспрецедентной точностью оценить соответствие между распределением межгалактического газа во внутрикластерной среде и материи, включая как видимую, так и темную. Кроме того, мы получаем инструмент, позволяющий проверить предположение о том, что газ находится в гидростатическом равновесии с соответствующим гравитационным потенциалом. Отклонения от равновесия мы опишем функцией, включающей новый параметр соответствия «газ-материя». В качестве примера применим метод к двум скоплениям, находящимся в различных динамических состояниях: Abell 2744 (гигантское скопление галактик, возникшее как результат одновременного столкновения по меньшей мере четырёх отдельных небольших скоплений) и Abell 383, в котором подобные процессы отсутствуют. Помимо карт распределения материи, указанных выше, мы воспользуемся компьютерными моделями скоплений из каталога OMEGA500 [5].

Литература

1. X-ray surface brightness and gas density fluctuations in the Coma cluster // E. Churazov, A. Vikhlinin, I. Zhuravleva, A. Schekochihin, I. Parrish, R. Sunyaev, W. Forman, H. Böhringer, S. Randall / Monthly Notices of the Royal Astronomical Society / Volume 421, Issue2. – 2012. – Pages 1123-1135
2. Gas Perturbations in the Cool Cores of Galaxy Clusters: Effective Equation of State, Velocity Power Spectra, and Turbulent Heating // I.Zhuravleva, S.W.Allen, A.Mantz, N.Werner / The Astrophysical Journal / Volume 865, Number 1. – 2018.
3. The Frontier Fields: Survey Design and Initial Results // J. M. Lotz et al / The Astrophysical Journal / Volume 837, Number 1. – 2017
4. An excess of small-scale gravitational lenses observed in galaxy clusters // M.Meneghetti, G.Davoli et al. / Science / Vol 369, Issue 6509. – 2020. – Pages. 1347-1351
5. <http://gcmc.hub.yt/omega500/index.html>

© Шираева А.А, Гесс Д.-Л.З., 2022 г.

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ НЕМАГНИТНОГО СЛОЯ НА ВЕЛИЧИНЫ КРИТИЧЕСКИХ ТОКОВ В ВИХРЕВОМ СПИН-ТРАНСФЕРНОМ НАНООСЦИЛЛЯТОРЕ

Мухамадеева В.В., Степанов С.В., Екомасов Е.Г.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время одним из перспективных технических устройств для спинтроники является вихревой спин-трансферный наноосциллятор (СТНО) [1-3]. В его основе лежат мультислойные наностолбики, которые имеют два пермаллоевых магнитных слоя различной толщины, разделенных немагнитной прослойкой [3]. В магнитных слоях может существовать, как основное состояние, магнитный вихрь. Появилось много работ, посвященных исследованию вихревых СТНО (см., например, [3-5]).

Исследуемые в данной работе СТНО имеют магнитные слои из пермаллоя толщиной 4 нм и 15 нм (содержащие магнитные вихри), разделенные немагнитной прослойкой меди разной толщины. С помощью численного решения обобщенного уравнения Ландау-Лифшица рассмотрено влияние изменения толщины немагнитной прослойки на связанную динамику вихрей на примере СТНО малого диаметра (120 нм). Исследовано влияние толщины немагнитного слоя на связанную динамику двух магнитных вихрей в наноосцилляторе спинового момента. Рассмотрена динамика вихревых состояний в толстом и тонком магнитных слоях при различных значениях плотности спин поляризованного тока. Найдена зависимость частоты стационарного движения вихрей в толстом и тонком магнитных слоях от величины плотности спин-поляризованного тока. Построен график зависимости радиуса стационарного движения вихря в толстом и тонком слоях от величины плотности спин-поляризованного тока. Полученные результаты сравниваются с ранее исследованным случаем немагнитного слоя толщиной 10 нм. Показано, что увеличение толщины немагнитного слоя приводит к большому (на десятки процентов) уменьшению значений первого и второго критических токов и незначительное уменьшение значения третьего критического тока. Время выхода вихря на стационарный режим и время выхода вихря из тонкого слоя нелинейно уменьшаются с ростом тока. При некоторых значениях тока, превышающего значение третьего критического тока, вылетевший за пределы поверхности вихрь в тонком магнитном слое возвращался в плоскость диска с переключенной полярностью и далее наблюдался

стационарный режим связанных колебаний вихрей с антипараллельными полярностями.

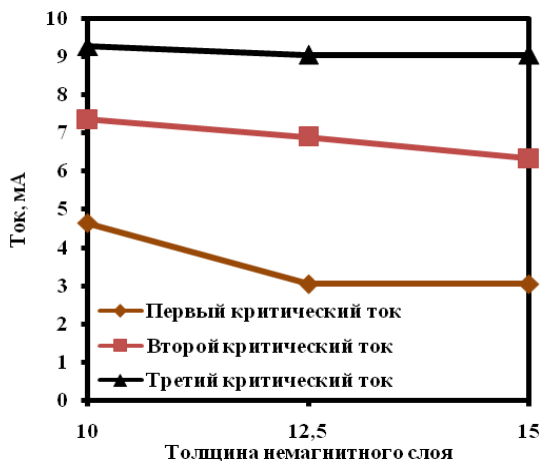


Рис. 1. График зависимости величин критических токов от толщины немагнитного слоя

Авторы благодарят за финансовую поддержку Государственное задание Российской Федерации на проведение научных исследований лабораториями (№075-03-2021-193/5 30.09.2021).

Литература

1. K.A. Zvezdin, E.G. Ekomasov, Spin Currents and Nonlinear Dynamics of Vortex Spin Torque Nano-Oscillators, Phys. Metals Metallogr., 123, (2022),201.
2. K.Y. Guslienko, Magnetic Vortex State Stability, Reversal and Dynamics in Restricted Geometries, Journal of Nanoscience and Nanotechnology 8, (2008), 2745.
3. D. Yu, J. Kang, J. Berakdar, C. Jia, Nondestructive ultrafast steering of a magnetic vortex by terahertz pulses. NPG Asia Mater, 12, (2020) 36.
4. J. Grollier, D. Querlioz, K.Y. Camsari, K. Everschor-Sitte, S. Fukami, M.D. Stiles, Neuromorphic spintronics. Nat. Electron., 3, (2020) 360.
5. S. Wittrock, P. Talatchian, M. Romera, S. Menshawy, M.J. Garcia, M.-C. Cyrille., R. Ferreira, R. Lebrun, P. Bortolotti, U. Ebels, J. Grollier, V. Cros, Beyond the gyrotropic motion: Dynamic C-state in vortex spin torque oscillators, Appl. Phys. Lett. 118, (2021) 012404.

© Мухамадеева В.В., Степанов С.В., Екомасов Е.Г., 2022 г.

ВСЕЛЕННАЯ КАК 3D-БРАНА И УРАВНЕНИЯ ДЛЯ НЕЁ

Шарипов Р.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Различные теории струн и мембран, для краткости именуемых бранами, достаточно популярны в космологии. В работе [1] автор доклада предлагает рассматривать вселенную как 3D-брану в 4D-пространстве-времени. Это мотивируется двумя посылками: 1) причинно связанные друг с другом события из прошлого, настоящего и будущего материальной точки не могут иметь совместную (одновременную) материальную бытность; 2) события, имеющие совместную материальную бытность в пространстве-времени, должны объединяться в достаточно гладкие структуры, коими являются браны. Выбор именно 3D-бран продиктован визуальной трёхмерностью наблюдаемого вокруг нас пространства.

После принятия концепций 1) и 2) эволюцию вселенной можно интерпретировать как зарождение 3D-браны из точки в момент Большого взрыва и последующее её раздутие, которое мы наблюдаем как хаббловское красное смещение в спектрах звёзд и галактик. После этого вводится сопутствующая система координат и уравнения Эйнштейна переписываются как эволюционные уравнения для 3D-метрики на 3D-бране (см. [1]). Сам по себе выбор специальных координат и запись уравнений Эйнштейна в этих координатах не является чем-то особенным. Однако принятие концепций 1) и 2) позволяет интерпретировать эти уравнения как уравнения на материальную субстанцию физического вакуума, далее строить и проверять разнообразные гипотезы о её строении. В качестве кандидата на такую субстанцию хорошо подходит тёмная материя.

Концепция трёхмерности физического вакуума в форме 3D-браны позволяет, например, ввести понятие 4-вектора потока энергии электромагнитного поля (см. [2]) в гравитационно искривленном пространстве-времени, тем самым разделив тензор энергии-импульса на собственно энергию и собственно импульс. Такое же разделение можно выполнить и для других видов наблюдаемой (не тёмной) материи.

Литература

1. Sharipov R.A., *A three-dimensional brane universe in a four-dimensional spacetime with a Big Bang*, 2022, e-print viXra:2207.0173.
2. Sharipov R.A., *A note on electromagnetic energy in the context of cosmology*, 2022, e-print viXra:2207.0092.

© Шарипов Р.А., 2022 г.

НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНЫ УРАВНЕНИЯ СИНУС-ГОРДОНА В МОДЕЛИ С ПРОТЯЖЕННЫМИ ПРИМЕСЯМИ. СТРУКТУРА И ДИНАМИКА КИНКА

Самсонов К.Ю.¹, Кабанов Д.К.²

¹Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одними из наиболее изученных примеров уравнений типа Клейна-Гордона, являются уравнения синус-Гордона (УСГ) [1-3]. Оно имеет широкое применение в теоретической физике. Например, описывает динамику магнитных неоднородностей. При использовании УСГ для реальных физических моделей, возникает необходимость его модификации путем добавления дополнительных слагаемых и функций. Они могут описывать наличие внешней силы, неоднородность параметров среды и др. Модифицированное УСГ не имеет точных аналитических решений, но существует ряд широко применяемых аналитических методов (например, метод коллективных координат) и численных методов его решения. В данной работе, на примере уравнения синус - Гордона с тремя одинаковыми примесями, исследована структура и динамика кинков. Рассмотрены случаи протяженных примесей. Найдены возможные сценарии динамики кинков и типы локализованных на примесях волн, как функции от начальных характеристик кинка и параметров системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-31-90048.

Литература

1. Cuevas-Maraver J. The Sine-Gordon Model and Its Applications: From Pendula and Josephson Junctions to Gravity and High-energy Physics/J. Cuevas-Maraver, P. G. Kevrekidis, F. Williams (Eds.) // Springer. — 2014. — V. 10. — P. 263;
2. Екомасов Е.Г., Назаров В.Н., Самсонов К.Ю., Муртазин Р.Р. Возможность управления динамикой и структурой магнитного солитона в трехслойной ферромагнитной структуре// Письма в ЖТФ – 2021. – т.47, в.10. – с. 15 – 18;
3. Екомасов Е.Г., Назаров В.Н., Самсонов К.Ю., Муртазин Р.Р. Управление с помощью внешнего магнитного поля параметрами магнитного поля параметрами магнитного бризера в трёхслойной ферромагнитной структуре// Letters on Materials 10 (2), 2020, pp. 141 – 146.

© Самсонов К.Ю., Кабанов Д.К., 2022 г.

МАГНИТНЫЕ БРИЗЕРЫ В ОДНООСНЫХ КИРАЛЬНЫХ МАГНЕТИКАХ

Бострем И.Г.¹, Овчинников А.С.¹, Екомасов Е.Г.², Сеницын Вл.Е.¹

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В качестве модели моноаксиального кирального гелимагнетика рассматривается цепочку спинов конечной длины L с гамильтонианом :

$$H = -2J \sum_n S_n S_{n+1} + A \sum_n (S_n^z)^2 - H_0 \sum_n S_n^z + D \sum_n [S_n \times S_{n+1}]_z,$$

где S_n – спиновый вектор n -го узла. Здесь первое слагаемое соответствует обменному взаимодействию спинов вдоль оси z с константой взаимодействия $J > 0$. Второе – одноионной анизотропии величины $A > 0$ при условии, что плоскостью лёгкого намагничивания является плоскость xy . Третий член описывает зеемановское взаимодействие с внешним магнитным полем H_0 , направленным вдоль оси z . Последнее слагаемое отвечает антисимметричному обмену Дзялошинского-Мория с вектором взаимодействия D , направленным вдоль геликоидальной оси. Киральный магнетик рассматривается в состоянии вынужденного ферромагнетизма, т.е. H_0 превосходит критическое поле $H_{cr} = 2S\sqrt{4J^2 + D^2} - J + A$.

Показано, что наличие антисимметричного обменного взаимодействия не запрещает существования возбужденных состояний в виде локализованных в пространстве и периодических во времени дискретных бризеров, аналогичных обнаруженным ранее в гайзенберговских спиновых цепочках. Найдены все 4 класса дискретных бризеров. Получены решения в виде одиночных бризеров и кноидальных решеток. Показано, что в киральной цепочке поперечные компоненты спинов на узлах восстанавливают в пространстве спиральное упорядочение, которое существовало в киральной цепочке до ее перехода в состояние вынужденного ферромагнетизма, и следовательно, магнитные бризеры обладают, как и солитонная решетка, топологическим зарядом и ненулевым импульсом.

Устойчивость бризерных решений исследовалась по методике Флоке [2]. Все полученные в результате численного моделирования решения оказались устойчивыми.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 20-02-00213.

Литература

- I.* I.G.Bostrem, Vl.E.Sinitsyn, A.S. Ovchinnikov, E.G.Ekomasov, and J.Kishine. “Discrete magnetic breathers in monoaxial chiral helimagnet”, *AIP Advances* 11:1 (2021), 015208.

© Бострем И.Г., Овчинников А.С.,
Екомасов Е.Г., Синицын Вл.Е., 2022 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БРИЗЕРНЫХ РЕШЕНИЙ В КИРАЛЬНОЙ СПИНОВОЙ ЦЕПОЧКЕ МЕТОДОМ AUBRY

Вл.Е. Сеницын¹, А.С. Овчинников¹, И.Г. Бострем¹, Е.Г. Екомасов²

¹Институт естественных наук и математики УрФУ, г. Екатеринбург, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В работе продолжено изучение нелинейных возбуждений в киральном гелимагнетике CrNb_2S_3 . Ранее нами было показано [1], что в фазе вынужденного ферромагнетизма в таких системах возможны локализованные в пространстве и осциллирующие по времени состояния в виде дискретных бризеров, а также сделаны оценки, что в CrNb_2S_3 может существовать только бризер темного типа.

В качестве модели кирального гелимагнетика мы рассматриваем цепочку спинов конечной длины L , гамильтониан которой выглядит следующим образом:

$$H = -2J \sum_n S_n \cdot S_{n+1} + A \sum_n (S_n^z)^2 + D \sum_n [S_n \times S_{n+1}]_z - H \sum_n S_n^z,$$

Первое слагаемое описывает Гайзенберговский обмен, второе — одноионную анизотропию, третье — антисимметричное обменное взаимодействие Дзялошинского-Мория и последнее — Зеемановское взаимодействие с магнитных полем. С помощью уравнения Гайзенберга для оператора $S_n^+ = (S_n^x + iS_n^y)/S$, нормированного на величину спина S получаем соответствующее уравнение движения:

$$i\hbar \frac{S_n^+}{d\tau} = \beta s_n^+ - s_n^+ s_n^z + C s_n^+ (s_{n+1}^z + s_{n-1}^z) - C s_n^z (s_{n-1}^+ + s_{n+1}^+) + \frac{i}{2} C q_0 s_n^z (s_{n-1}^+ - s_{n+1}^+)$$

где $s_n^z = \sqrt{1 - |s_n^+|^2}$ — величина нормированной продольной компоненты спина, безразмерное время $\tau = t/t_0$, где $t_0 = \hbar/2AS$ масштаб времени, связанный с константой одноионной обменной анизотропией, $\beta = H/2AS$ безразмерное поле, а $C = J/A$ и $q_0 = D/J$ безразмерные константы.

В настоящей работе представлено обобщение теории бризерных решений антиконтинуального предела, разработанной С. Обри [2], на случай дискретных спиновых систем, а также представлен численный алгоритм и результаты его работы.

В качестве начального решения антиконтинуального предела ($C=0$) выбирается решение вида:

$$s_n^+(\tau) = [1 - (\beta - \omega_n)^2]^{1/2} e^{-i\omega_n + i\alpha_n}$$

В нем иницированы частота ω_n и фаза α_n . Эта стартовая конфигурация может быть продолжена на ненулевые C в ходе итерационной процедуры, использующей метод Ньютона. На k -том шаге итераций строится решение уравнения движения $s_n^{+(k)}(\tau)$ на временном интервале $(0, 2\pi/\omega_n)$. Далее, используя представление $s_n^{+(k)}(\tau) = x_n^{+(k)}(\tau) + i y_n^{+(k)}(\tau)$, решение определяется по формуле:

$$\begin{pmatrix} \left\{ x_n^{(k+1)}(0) \right\} \\ \left\{ y_n^{(k+1)}(0) \right\} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left\{ x_n^{(k)}(0) \right\} \\ \left\{ y_n^{(k)}(0) \right\} \end{pmatrix} + [1 - \hat{T}_0(\{s_n^{+(k)}\})]^{-1} \times \left[\begin{pmatrix} \left\{ x_n^{(k)}(t_b) \right\} \\ \left\{ y_n^{(k)}(t_b) \right\} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \left\{ x_n^{(k)}(0) \right\} \\ \left\{ y_n^{(k)}(0) \right\} \end{pmatrix} \right]$$

где \hat{T}_0 – матрица монодромии, она вычисляется с помощью численного интегрирования дифференциальных уравнения движения с $2N$ независимыми начальными условиями на интервале от 0 до $2\pi/\omega_n$.

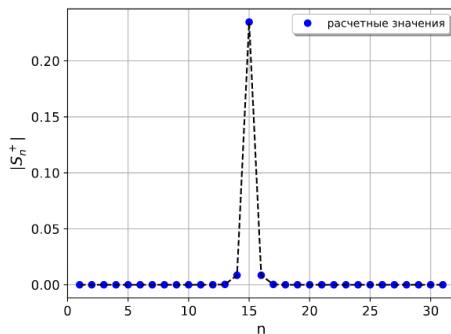


Рис. 1: Одноузельный периодический бризер в цепочке из $N = 31$ узлов при $C = 0.001$. Узел $n_0 = 15$ возбуждается согласно уравнению для $s_n^{+}(\tau)$ с параметрами $\omega_b = 1.03$ и $\beta = 2.0$. Используются открытые граничные условия и взято отношение $D/2J = 0.16$.

Итерационный процесс сходится для малых значений константы межузельного взаимодействия C (меньше 0.006, что согласуется с теорией). На Рис. 1 приведен пример численного расчета бризерного решения описываемым методом.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект No. 20-02-00213), Министерству науки и высшего образования Российской Федерации (Программа развития Уральского федерального университета в рамках Программы «Приоритет-2030»).

Литература

1. Bostrem, I. G., Sinitsyn, V.I. E., Ovchinnikov, A. S., Ekomasov, E. G., Kishine, J., AIP Advances, V. 11, № 1, P. 015208 (2021).
2. J.L. Marin and S. Aubry, Nonlinearity 9:6, P. 1501-1528 (1996).

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СВЯЗАННЫХ МАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ В ТРЕХСЛОЙНОМ ПРОВОДЯЩЕМ НАНОЦИЛИНДРЕ ДИАМЕТРА 400 НМ

Антонов Г.И.¹, Екомасов Е.Г.^{1,2}, Пугач Н.Г.³

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

³Национальный исследовательский университет
Высшая школа экономики, г. Москва, Россия

Большое внимание, в настоящее время, привлекают исследования вихревых решений Обобщенного уравнения Ландау-Лифшица. Наличие в этом уравнении слагаемого, учитывающего взаимодействие спин-поляризованного тока с намагничённостью, позволяет исследовать процессы переключения и возбуждения осцилляций намагничённости в магнитных вихрях с помощью тока и внешнего магнитного поля. Интересны для рассмотрения, в этом плане, микроволновые спин-трансферные наноосцилляторы (СТНО). Большинство таких структур имеют два магнитных слоя, разделённых немагнитной прослойкой. Одной из наиболее перспективных разновидностей СТНО, является вихревая структура, в которой магнитный вихрь реализуется как основное состояние. Появилось много экспериментальных и теоретических работ, посвящённых исследованию динамики магнитостатически связанных магнитных вихрей. В работе с помощью **микроманнитного пакета SPINPM** проведено исследование динамики и структуры двух дипольно связанных магнитных вихрей в трехслойном наностолбике большого диаметра (400 нм), под действием внешнего магнитного поля и спин-поляризованного электрического тока. Показана возможность существования различных режимов движения вихрей, в зависимости от величины поляризованного тока и магнитного поля. Получены зависимости частоты и радиуса от малых, средних и больших величин тока при воздействии внешнего магнитного поля. Построена зависимость величины магнитного поля, разделяющего поляризованность вихрей от величины спин-поляризованного тока. Показано, что динамический и квазистатический сценарии переключения поляризованности вихря имеют место при различных значениях поля и тока. Проведено сравнение динамики двух дипольно связанных магнитных вихрей в трехслойном наностолбике диаметр которого составляет 400 нм.

Авторы благодарят проект «Зеркальные Лаборатории» НИУ ВШЭ за поддержку сотрудничества.

© Антонов Г.И., Екомасов Е.Г., Пугач Н.Г., 2022 г.

МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МАГНИТНОГО СКИРМИОНА

Васильев Е.В.^{1,2}, Капитан В.Ю.^{1,2}, Король А.О.^{1,2}, Капитан Д.Ю.^{1,2}, Рыбин А.Е.^{1,2}, Овчинников П.А.^{1,2}, Нефедев К.В.^{1,2}

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

²Институт прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Перспективное направление спинтроники в качестве главного объекта исследований использует магнитные скирмионы – квазичастицы типа магнитный вихрь, которые образуются в некоторых веществах из спинов (магнитных моментов) электронов под действием магнитного поля. Воздействуя на спиновую систему извне (магнитное поле, лазерный импульс, ток и т. п.), можно управлять свойствами и положением скирмионов, следовательно, осуществлять перезапись информации.

Используя модель Гейзенберга, основанную на двумерной спиновой системе, мы исследуем влияние внешних воздействий на поведение магнитных моментов с целью нахождения оптимальных параметров для контролируемого управления передвижением скирмиона вдоль образца. Получение авторами устойчивого состояния скирмиона описано в [1]. Предложено два основных процесса управления движением. Первый основан на импульсном воздействии внешнего магнитного поля в плоскости непосредственно на скирмион. Второй показывает влияние последовательно перемещающихся волн градиента анизотропии.

Моделирование проведено с помощью программы, реализованной на языке C++. Для расчетов применяется алгоритм Метрополиса. Проведены вычислительные эксперименты возможности манипулирования перемещением скирмионов. Полученные результаты показывают, что скирмионы могут быть использованы в качестве носителей информации.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-72-00058).

Литература

2. Е. В. Васильев, А. В. Пержу, А. О. Король, Д. Ю. Капитан, А. Е. Рыбин, К. С. Солдатов, В. Ю. Капитан, “Численное моделирование двумерных магнитных скирмионных структур”, Компьютерные исследования и моделирование, 12:5 (2020), 1051–1061.

© Васильев Е.В., Капитан В.Ю., Король А.О., Капитан Д.Ю., Рыбин А.Е., Овчинников П.А., Нефедев К.В., 2022 г.

ПРЕЦЕССИЯ ЛЕНЗЕ-ТИРРИНГА ЧЕРНЫМИ ДЫРАМИ РЭНДАЛЛА-САНДРАМА

Ахтарьянова Г.Ф.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В данной работе исследуется прецессия Лензе-Тирринга для вращающейся черной дыры с приливным зарядом в модели гравитации «мир на бране», заданной метрикой Рэндалла-Сандрама [1].

$$ds^2 = - \left(1 - \frac{2Mr-\beta}{\Sigma} \right) dt^2 - \frac{2a(2Mr-\beta)}{\Sigma} \sin^2 \theta dt d\varphi + \frac{\Sigma}{\Delta} dr^2 + \Sigma d\theta^2 + \left(r^2 + a^2 + \frac{2Mr-\beta}{\Sigma} a^2 \sin^2 \theta \right) \sin^2 \theta d\varphi^2, \quad (1)$$

где $\Sigma = r^2 + a^2 \cos^2 \theta$, $\Delta = r^2 - 2Mr + a^2 + \beta$; a - параметр вращения; β - приливной заряд.

В работе получены аналитические выражения для частоты прецессии Лензе-Тирринга для вращающейся черной дыры Рэндалла-Сандрама и исследовано влияние заряда на частоты прецессии Лензе-Тирринга в слабом и сильном гравитационном поле.

Частота прецессии Лензе-Тирринга в слабом поле задается в виде [2]:

$$\vec{\Omega}_{LT} = \frac{1}{r^3} [3(\vec{J} \vec{r}) \vec{r} - \vec{J}], \quad (2)$$

где \vec{r} - единичный вектор вдоль направления r , \vec{J} - угловой момент.

Для данной метрики скорости прецессии Лензе-Тирринга в сильном и слабом поле, соответственно, равны:

$$\Omega_{LT}^{strong} = \sqrt{\frac{a^2(-Mr+\beta)^2}{r^4(-2Mr+r^2+\beta)^2}}, \quad \Omega_{LT}^{weak} = \sqrt{\frac{a^2(Mr+\beta)^2}{r^8}}. \quad (3)$$

Таким образом, с увеличением величины заряда увеличивается и прецессия Лензе-Тирринга. Наибольшая разница во влиянии заряда на частоту прецессии Лензе-Тирринга в слабом и сильном гравитационном поле достигается вблизи горизонта событий черной дыры.

Литература

1. Randall L., Sundrum R. Exact Solutions for Linearized Gravity in the Randall–Sundrum Model // Phys. Rev. Lett. – 1999.- vol. 83. – p. 3370
2. Chakraborty C. Behavior of a test gyroscope moving towards a rotating traversable wormhole [Text] / C. Chakraborty, P.P. Pradhan // Journal of Cosmology and Astroparticle Physics. – 2017, – vol. 03, – p. 035.

© Ахтарьянова Г.Ф., 2022 г.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА НА ПРИЛИВНЫЕ СИЛЫ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ ХЭЙВАРДА

Зиннатуллин Р.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В работе исследовано влияние электрического заряда, вблизи горизонта событий чёрной дыры Хэйварда [1], на приливные силы, действующие на пробное тело. Метрика черной дыры Хэйварда имеет вид:

$$ds^2 = -f(r)dt^2 + \frac{dr^2}{f(r)} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2), \quad (1)$$

где $f(r) = 1 - \frac{2Mr^2}{r^3 + Q^3}$, M и Q – масса и электрический заряд.

Для исследования приливных сил рассмотрим метод Горовица и Росса [2].

Кривизна полностью характеризуется компонентами тензора Римана в ортонормированной системе. Рассмотрим ненулевой компонент тензора кривизны, имеющий вид:

$$R_{\hat{0}\hat{2}\hat{0}\hat{2}} = \frac{1}{R} \left[\frac{R'}{2} (E_x^2 G' - F') \right] - \frac{1}{R} \left(R'' G + \frac{R' G'}{2} \right) E_{Ex}^2 = R_{0202}^{(S)} + R_{0202}^{(Ex)} \quad (2)$$

где компоненты $F(r)$, $G(r)$ и $R(r)$ определяются метрикой (1). Выполнив расчеты, получим

$$R_{0202}^{(S)} = \frac{M(-2Q^3 + r^3)}{(Q^3 + r^3)^2}, \quad R_{0202}^{(Ex)} = 0 \quad (3)$$

Таким образом, по мере приближения пробной частицы к внешнему горизонту событий, компонента $R_{0202}^{(S)}$ будет увеличиваться, но все же оставаться в пределах конечных значений.

Литература

1. Hayward S.A. Formation and Evaporation of Nonsingular Black Holes // Physical Review Letters, 2006. – Vol. 96. – P.031103.
2. Horowitz G.T., Ross S.F. Naked Black Holes // Physical Review D, 1997. – Vol. 56. – P.2180.

© Зиннатуллин Р.Р., 2022 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ АККРЕЦИИ КВИНТЭССЕНЦИИ НА ЧЕРНУЮ ДЫРУ ХЭЙВАРДА

Каримов Д.А.¹, Каримов Р.Х.¹, Юсупова Р.М.², Измаилов Р.Н.^{1,2}

¹Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

²Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

Считается, что астрофизические черные дыры окружены светящимся аккреционным диском, который является необходимым компонентом для изображения черной дыры. Коллаборация «Телескопа горизонта событий» впервые опубликовала радиоинтерферометрические наблюдения сверхмассивных черных дыр с аккреционными дисками в центрах галактик М 87* [1] и Млечный Путь [2]. Следовательно, для исследования черных дыр необходимо, чтобы они имели аккреционный диск. В этой работе изучается поток аккреционной жидкости на черную дыру Хэйварда, окруженную квинтэссенцией [3]. Для исследования потока аккреционной жидкости будет использован метод, предложенный Бахамонде и Джамилем [4]. Согласно этому методу, было получено изменение массы черной дыры Хэйварда, окруженной квинтэссенцией:

$$\dot{M}_{\text{acc}} = - \frac{4\pi A_2 A_4 M^2 \sqrt{a(Q^3+r^3)(1+\omega)^2 - r^{1+3\omega} B}}{(1+\omega)\sqrt{r^{1+3\omega}(Q^3+r^3)}}, \quad (1)$$

где $B = Q^3\{(1+\omega)^2 - A_4\} + r^2[r\{(1+\omega)^2 - A_4\} - 2M(1+\omega)^2]$, A_2 и A_4 – положительные константы, a – нормировочный коэффициент, ω – параметр состояния материи, M и Q – масса и магнитный заряд черной дыры, соответственно. Из уравнения (1) следует, что $\dot{M}_{\text{acc}} \leq 0$ в случае аккреции квинтэссенции, для которой $-1 < \omega < 1/3$. Следовательно, при аккреции квинтэссенции масса черной дыры Хэйварда, окруженной квинтэссенцией, будет уменьшаться.

Литература

1. Akiyama, K. et al [The Event Horizon Telescope Collaboration] // The Astrophysical Journal Letters, 2019, v. 875(1), pp. L1.
2. Akiyama, K. et al [The Event Horizon Telescope Collaboration] // The Astrophysical Journal Letters, 2022, v. 930(2), pp. L12.
3. Nam, C.H. // General Relativity and Gravitation, 2018, v. 50(6), pp. 57.
4. Bahamonde, S., Jamil, M. // The European Physical Journal C, 2015, v. 75(10), pp. 508.

© Каримов Д.А., Каримов Р.Х.,
Юсупова Р.М., Измаилов Р.Н., 2022 г.

АНАЛИЗ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КРУГОВЫХ ОРБИТ ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ КАЗАКОВА- СОЛОДУХИНА

Каримов Р.Х., Фазлыева Э.В.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В течение последних нескольких десятков лет большой интерес проявляется к исследованию движения пробных частиц вокруг черных дыр [1-2]. Круговые геодезические несут информацию о геометрии пространства-времени и имеют ряд интересных свойств, таких как сохранение направления движения частиц на поверхности и определение пути объекта, масса которого мала по сравнению с массой черной дыры. Однако, круговые орбиты вблизи черных дыр, по которым движутся пробные частицы, могут быть неустойчивыми. Для исследования устойчивости (неустойчивости) круговых орбит необходимо изучить динамику частиц вблизи черных дыр. В работе Кардосо и др. [1] было показано, что круговые геодезические орбиты являются устойчивыми, если производная второго порядка функции эффективного потенциала меньше нуля, т.е. $V''_{\text{eff}} \leq 0$. В работе рассматривается пространство-время черной дыры Казакова-Солодухина [3], которое характеризуется массой M и параметром a , представляющим из себя квантовые поправки к ОТО. Согласно методу Кардосо и др. можем получить, что

$$V''_{\text{eff}} = \frac{24a^2M(R^2+a^2-MR)-6a^4(4M-R)}{2R^3(R^2+a^2)^{3/2}(R-3M)} - \frac{4M(R^2+a^2-6MR)}{2R^3(R^2+a^2)^{1/2}(R-3M)}. \quad (1)$$

Из уравнения (1) видно, что на стабильные круговые геодезические орбиты влияет параметр a .

Литература

1. Cardoso, V., Miranda, A.S., Berti, E., Witek, H., Zanchin, V.T. // Physical Review D, 2009, vol. 79, pp. 064016.
2. Tomizawa, S., Suzuki, R. // Physical Review D, 2022, vol. 105(12), pp. 124014.
3. Kazakov, D.I., Solodukhin, S.N. // Nuclear Physics B, 1994, vol. 429, pp. 153-176.

© Каримов Р.Х., Фазлыева Э.В., 2022 г.

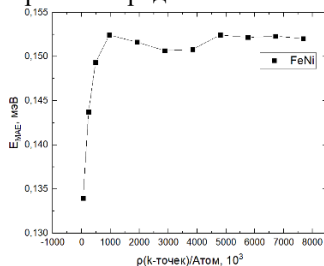
**МАГНИТОКРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ БИНАРНЫХ
ФЕРРОМАГНИТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Новокрещенов Д.В., Соколовский В.В.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Магнитокристаллическая анизотропия (МА) – основная характеристика магнитных материалов, описывающая силу их магнитных свойств. Сплавы с высокой МА представляют большой интерес в качестве источников постоянного магнитного поля [1]. Задача поиска соединений, не содержащих редкоземельные элементы и обладающих приемлемыми магнитными свойствами, является крайне актуальной.

Данная работа посвящена теоретическому исследованию магнитных свойств бинарных ферромагнитных сплавов FeNi, CoNi, MnAl, MnGa с учетом тетрагональных искажений ГЦК решётки [2]. Расчёты выполнены с помощью пакета SPR-KKR [3] при разных разбиениях k -пространства и двумя ортогональными ориентациями спинов. Также рассчитаны плотности электронных состояний. В качестве примера на рис.1 приведена зависимость энергии МА от числа k -точек. Из неё ясно, что достаточная точность вычислений достигается при плотности k -точек более $5 \cdot 10^6$. Подобные результаты получены и для других соединений. Можно полагать, что исследуемые соединения могут представлять интерес в качестве альтернативы редкоземельным магнитным сплавам.

Рис. 1. Зависимость энергии МА для сплава FeNi от разбиения k -пространства**Литература**

1. Kuz'min, M.D. et al. Towards high-performance permanent magnets without rare earths // J. Phys. Condens. Matter, 2014, v. 26, p. 064205.
2. Edström, A. et al., Electronic structure and magnetic properties of L1₀ binary alloys // Phys. Rev. B, 2014, v. 90, p. 014402.
3. Ebert, H. et al. Calculating condensed matter properties using the KKR-Green's function method-recent developments and applications // Rep. Prog. Phys. 2011, v. 74, p. 096501.

© Новокрещенов Д.В., Соколовский В.В., 2022 г.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ В ДЖОЗЕФСОНОВСКИХ КОНТАКТАХ ВЫСОКОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ

Саматов М.Р., Васенко А.С.
МИЭМ НИУ ВШЭ, г. Москва, Россия

В работе представлены теоретические результаты для вольт-амперной характеристики и дифференциальной проводимости для Джозефсоновских контактов высокой прозрачности [1-4] при высоких напряжениях $eV > 2\Delta$.

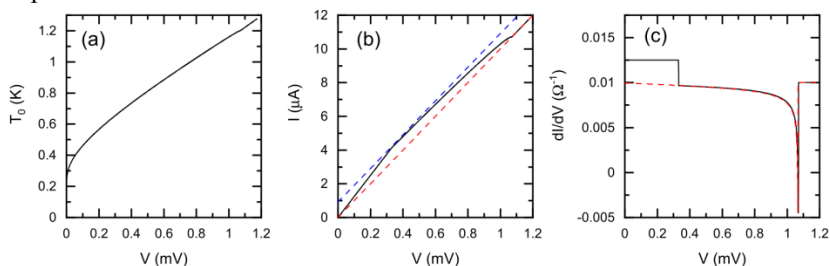


Рис. 1. а) Зависимость температуры от напряжения смещения на контакте. б) Вольт-амперная характеристика контакта (черная линия). Закон Ома (красная линия). Закон Ома с учетом избыточного тока (синяя линия) в) Точное решение дифференциальной проводимости контакта (черная линия). Аппроксимированное выражение для высоких напряжений

В данной работе рассматривается контакт, состоящий из двух сверхпроводящих электродов с интерфейсом между ними (к примеру, графен). Сверхпроводящие выводы подключены к двум сверхпроводящим резервуарам, в которых поддерживается температура окружающей среды. При протекании тока через контакт начинает повышаться температура интерфейса. При некотором критическом значении напряжения температура переваливает за критическое значение и сверхпроводящие электроды переходят в нормальное состояние. При данном значении напряжения должен наблюдаться провал в дифференциальной проводимости. Полученные результаты справедливы для контактов с подвешенным интерфейсом и на подложке (если теплопроводность сверхпроводящих выводов сильно больше теплопроводности подложки).

Для Джозефсоновских контактов высокой прозрачности в области высоких напряжений зависимость электрического тока может быть записана через избыточный ток ($I(V) = V/R + I_{exc}$, $I_{exc} = \alpha(\Delta_L +$

$\Delta_R)/2eR$). Здесь α – префактор, зависящий от проводимости каналов контакта и Δ_L (Δ_R) – сверхпроводящая щель для левого (правого) сверхпроводящего электрода, выраженная через БКШ. Решив уравнение теплового баланса, можно получить зависимость температуры от напряжения (рис. 1(a)). Используя данную зависимость, можно построить график вольт-амперной характеристики (рис. 1(b)), на котором хорошо виден резкий переход на закон Ома при напряжении 1.07 мВ. Рассматривая область критического напряжения, можно вывести формулу для дифференциальной проводимости высокопрозрачного Джозефсоновского контакта (рис. 1(c)). На данном рисунке красной линии соответствует полученное упрощенное выражение, черное – точное решение для дифференциальной проводимости.

Литература

1. W. Haberkorn, H. Knauer, and J. Richter, Phys. Status Solidi A 47, K161 (1978).
2. A. A. Golubov, M. Yu. Kupriyanov, and E. Il'ichev, Rev. Mod. Phys. 76, 411 (2004).
3. M. Hays, G. de Lange, K. Serniak, D. J. van Woerkom, D. Bouman, P. Krogstrup, J. Nygard, A. Geresdi, and M. H. Devoret, Phys. Rev. Lett. 121, 047001 (2018).
4. A. Zazunov, V. S. Shumeiko, E. N. Bratus, J. Lantz, and G. Wendin, Phys. Rev. Lett. 90, 087003 (2003).

© Саматов М.Р., Васенко А.С., 2022 г.

УДК 517.9, 519.633

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.42

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ВИХРЕПОДОБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В МОДУЛИРОВАННЫХ УЛЬТРАТОНКИХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЁНКАХ

Филиппов М.А., Вахитов Р.М., Ахметова А.А., Солонецкий Р.В.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Магнитные скирмионы – это топологически устойчивые вихреподобные магнитные неоднородности. В последние годы их изучение представляет значительный исследовательский интерес за счёт их уникальных свойств: наномасштабные размеры, простота манипулирования с помощью электрического тока малой плотности и другие необычные спин – электронные свойства [1]. Скирмионы были впервые экспериментально обнаружены в киральных магнетиках, в которых они стабилизируются за счёт объёмного взаимодействия Дзялошинского – Мориа (DMI), проявляющееся в основном при низких температурах. В ультратонких многослойных плёнках, в которых реализуется межфазное DMI, они наблюдаются уже при комнатных температурах.

В то же время существуют методы получения стабильных одиночных скирмионов и в отсутствие DMI. Например, в работе [2] показано зарождение стабильного скирмиона на колумнарном дефекте типа “потенциальная яма” в одноосной ферромагнитной плёнке. В работе [3] был проведён теоретический анализ и микромагнитное моделирование вихреподобных структур, возникающих в подобных магнитных плёнках в области колумнарных дефектов. Исследования показали, что они бывают разных типов (всего четыре), два из которых представляют собой нетопологический солитон, а два — магнитный скирмион. Они различаются ориентацией кора и направлением намагниченности на периферии (вне дефекта). Однако они имеют и общие топологические особенности; в их структуре можно выделить три участка вращения магнитных моментов: кор, промежуточный и граничный участки. С помощью же микромагнитного моделирования на плёнках с дефектом были получены стабильные состояния скирмионов блоховского типа [3].

Целью данной работы является обнаружение стабильных вихреподобных неоднородностей неелевского типа при помощи пакета программ открытого доступа OOMMF [4] с дополнительным модулем [5]. Рассматривается диск конечных размеров с колумнарным дефектом в центре. Считается, что материальные параметры на диске и дефекте идентичны за исключением константы анизотропии K_u : $K_{u2} < 0$ – на дефекте, $K_{u1} > 0$ – в остальном диске. Кроме того, как показывают

эксперименты, необходимо учитывать и межфазное взаимодействие Дзялошинского – Мория (изотропное).

Согласно расчётам вихреподобные структуры в отсутствии каких-либо внешних полей являются устойчивыми образованиями при следующих материальных параметрах: диаметр диска 600 нм, толщина диска 5 нм, диаметр дефекта 60 нм, $K_{u1}=3 \times 10^4 \text{ Дж/м}^3$ (вне дефекта), $K_{u2}=-0.5 \times 10^4 \text{ Дж/м}^3$ (на дефекте), $M_s=2.0 \times 10^5 \text{ А/м}$, $A=2.5 \times 10^{-11} \text{ Дж/м}$, $D=1 \times 10^{-3} \text{ Дж/м}$. В ходе исследований был обнаружен скирмионийум или 2 π -скирмион – скирмион, в котором разворот намагниченности происходит на 360° (Рис.1). При этом было показано, что при уменьшении D ниже $0.85 \times 10^{-3} \text{ Дж/м}$ перестают существовать стабильные π -скирмионы, а при увеличении D соответственно увеличивается и коэффициент k – число разворотов вектора намагниченности в доменных границ, то есть образуются $k\pi$ -скирмионы, где $k \geq 2$.

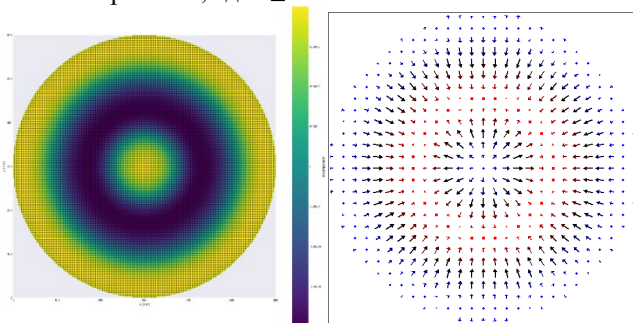


Рис. 1. Полученное стабильное состояние скирмионийума в Ubermag и OOMMF соответственно

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания на выполнение научных исследований лабораториями (Приказ МН- 8/1356 от 20.09.2021)

Литература

1. Everschor-Sitte K., Masell J., Reeve R.M., Kläui M., // Journal of Applied Physics, 2019, v. 124, pp. 240901.
2. Navas D., Verba R.V., Hierro-Rodriguez A., Bungaev S.A., Zhou X., Adeyeye A.O., Dobrovolskiy O.V., Ivanov B.A., Guslienko K.Y., Kakazei G.N. // APL Materials, 2019, v. 7, pp. 081114.
3. Vakhitov R.M., Solonetsky R.V., Akhmetova A.A., Filippov M.A. // Symmetry, 2022, v. 14(3), pp. 612.
4. Donahue M.J., Porter D.G. OOMMF User's Guide, Version 2.0a2, 2019.
5. Tatarskiy D.A. // Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2022, v. 509, pp. 166899.

© Филиппов М.А., Вахитов Р.М.,
Ахметова А.А., Солонецкий Р.В., 2022 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРЕЗКА ПРЯМОГО ВОЛОКОННОГО СВЕТОВОДА

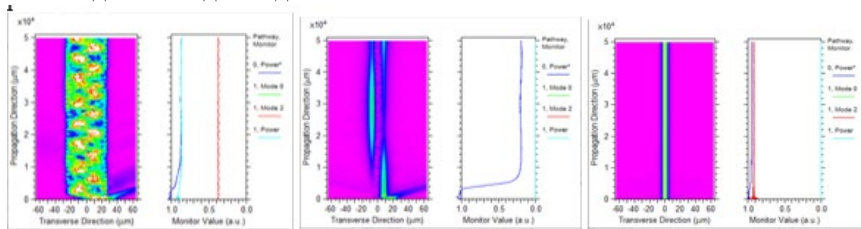
Лопатюк А.В., Полканова А.М., Мирзаянова Ч.Д.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Работа оптической линии связи зависит от модового состава источника и модового состава проходящего по оптическому волокну излучения. В данной работе рассматривается модель отрезка прямого волоконного световода с числовой апертурой равной:

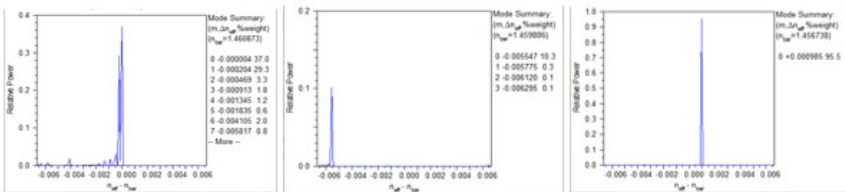
$$NA = n_1 \sqrt{2\Delta} = n_1 \sqrt{2 \frac{n_1 - n_2}{n_1}} = 1,46 \sqrt{2 \frac{0,008}{1,46}} = 0,15$$

где n_1 – показатель преломления сердцевины, n_2 – оболочки.

Изменяя диаметр сердцевины волокна, получаем картины распространения излучения в волокне в многомодовом режиме, маломодовом и одномодовом.



а) б) в)
Рис. 2. Распределение излучения в волокне: а) для диаметра сердцевины 50 мкм; б) для диаметра сердцевины 15 мкм; в) для диаметра сердцевины 6 мкм



а) б) в)
Рис. 2. Спектр мод: а) для диаметра сердцевины 50 мкм; б) для диаметра сердцевины 15 мкм; в) для диаметра сердцевины 6 мкм

В данной работе смоделирована реальная ситуация, когда источник излучения смещен от центра волокна на 16 мкм, что возможно при подключении передающего модуля. Последствие этого смещения можно наблюдать на рисунке 1 а), где видно, что часть излучения высветилась и произошла потеря мощности примерно 10%.

На рисунке 1 б) так же присутствует смещение источника излучения на 16 мкм, когда диаметр сердцевины 15 мкм. В этом случае излучение будет распространяться в оболочку, а мощность резко упадет до 30%.

На рисунке 1 в) показана идеальная ситуация, когда смещение источника излучения отсутствует. Потери мощности минимальны и составляют примерно 5%, что возможно при вводе излучения.

На рисунке 2 изображен спектр мод указанных режимов. Видно, что число мод в многомодовом режиме превышает восемь, в маломодовом не превышает четырех. В случае многомодового режима самые большие мощности наблюдаются у нулевой моды – 37% и у первой моды – 29%, мощность остальных мод значительно меньше. Для одномодового режима наблюдается самая большая мощность 95,5%.

Теперь изменим некоторые позиции излучения для волокна с диаметром сердцевины 50 мкм.

Поменяем тип вводимого излучения на Rectangle, а источник излучения сместим на 25 мкм от центра волокна.

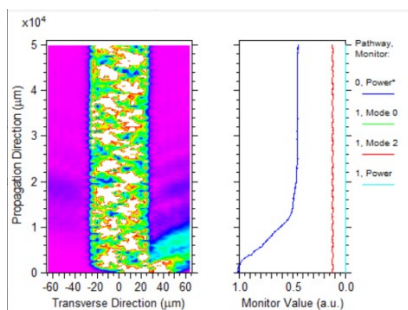


Рис. 3. Распределение излучения

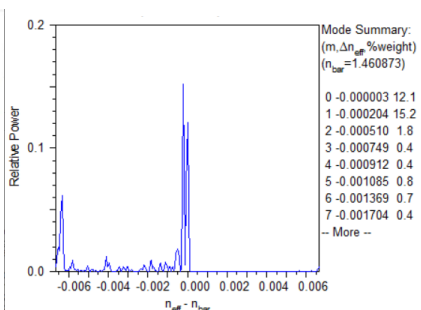


Рис. 4. Спектр мод

Видим, что в этом случае высветилось достаточно большое количество излучения, в следствие чего мощность системы резко упала до 50%. Мощность отдельных мод так же невелика: у нулевой моды – 12%, у первой – 15%, у следующих и вовсе не превышает 1-2%.

Далее рассмотрим такие параметры: тип вводимого излучения – Gaussian с нулевым смещением источника излучения.

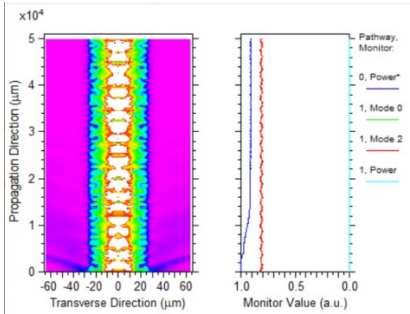


Рис. 5. Распределение излучения

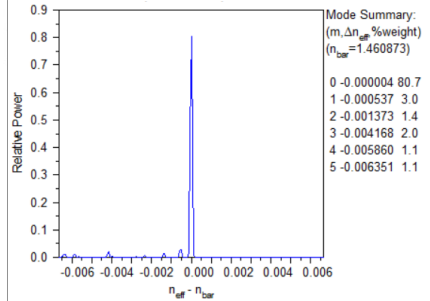


Рис. 6. Спектр мод

Видно, что здесь потери мощности минимальны. Мощность нулевой моды составляет 80,7%.

Программа VeamPROP позволяет так же наблюдать распределение излучения в 3D модели.

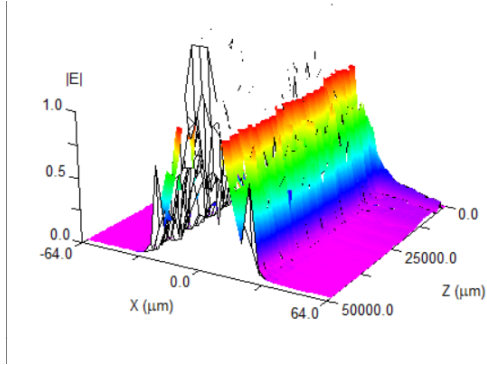


Рис. 7. Распределение излучения 3D модель

Таким образом, мощность вводимого излучения зависит от многих параметров: типа излучения, смещения источника от центра волокна, диаметра сердцевины. В реальных условиях не существует стопроцентной мощности излучения: определенная часть так или иначе теряется на вводе, но при этом эта часть может быть минимальной и составлять всего 5%.

Литература

1. Лопатюк А.В., Зиганшина А.Р., Киеккужина Н.У. Определение длины волны отсечки для одномодового режима волновода Тезисы докладов XII Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Уфа, 6 – 9 октября 2021 г.) РИЦБашГУ, 2021 г, стр. 71.

© Лопатюк А.В., Полканова А.М., Мирзаянова Ч.Д., 2022 г.

РАЗРАБОТКА ВОЛОКОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ DSF ВОЛОКНА

Ахняпов Э.Ш., Мухамедов Д.И., Лопатюк А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В одномодовом волокне со смещённой дисперсией DSF реализуются наилучшие характеристики как по минимуму дисперсии, так и по минимуму потерь. Поэтому такое волокно лучше подходит для строительства протяженных сегментов с расстоянием между ретрансляторами до 100 и более км (магистральные линии связи).

Важной задачей перед проектированием оптической системы связи является расчёт участка регенерации ВОЛС.

Произведём расчет длины регенерационного участка волоконной оптической системы передачи информации по энергетическому потенциалу системы $L_{\mathcal{E}}$ и по дисперсии в волоконных световодах L_d .

Таблица 1 – Технические параметры используемого
оптического волокна

Характеристика	Samsung Electronics Industries Ltd
Длина волны нулевой дисперсии, <i>нм</i>	1550
Диаметр сердцевины, <i>мкм</i>	8,0-10,0
Диаметр оболочки, <i>мкм</i>	125,0
Длина волны отсечки, <i>нм</i>	1270 максимум
Дисперсионный параметр, <i>пс/нм · км</i>	1 – 1,7
Коэффициент затухания, <i>дБ/км</i> ; на длине волны, <i>нм</i>	0,22 1550

Выражение для расчёта длины участка по энергетическому потенциалу $L_{\mathcal{E}}$:

$$P_{им} - \alpha_{и-вс} - N_H \alpha_H - \alpha L_{\mathcal{E}} - \alpha_{вс-сд} \geq P_{фдм} + \mathcal{E},$$

Используя значения, которые были известны и расчётные данные, получили, в итоге, следующие параметры системы передачи:

$$P_{им} = 9,03 \text{ дБм}, P_{фдм} = -32,22 \text{ дБм}, \alpha_f = 0,2 \text{ дБ}, \alpha_{и-вс} = 8,11 \text{ дБ},$$

$$\mathcal{E} = 4,5 \text{ дБ}, L_{сд} = 3,5 \text{ км}, \alpha_{вс-фд} = 1 \text{ дБ}.$$

Длина регенерационного участка по энергетическому потенциалу $L_{\mathcal{E}}$:

$$9,03 - 8,11 - 0,05 \cdot \left(\frac{L_{\text{э}}}{L_{\text{сд}}} - 1 \right) - 0,22L_{\text{э}} - 1 \geq -32,22 + 4,5$$

$$27,64 \geq L_{\text{э}} \cdot 0,2343,$$

$$L_{\text{э}} = 117,97 \text{ км}$$

Число неразъемных соединений световод-световод:

$$N_H = \frac{L_{\text{э}}}{L_{\text{сд}}} - 1 = 33$$

Дисперсия в волоконном световоде σ складывается из межмодовой и хроматической дисперсии: $\sigma = (\sigma_{\text{меж}}^2 + \sigma_{\text{хр}}^2)^{1/2}$. В одномодовых волокнах межмодовая дисперсия отсутствует, и уширение импульса определяется хроматической дисперсией: $\sigma_{\text{хр}} = \sigma_{\text{в}} + \sigma_{\text{мат}} = \Delta\lambda \cdot L \cdot [W(\lambda) + M(\lambda)]$,

Для определения дисперсии необходимо найти дисперсионный параметр волокна D , который является функцией от длины волны на графике

$$\text{Пусть } \Delta\lambda = 0,3 \text{ нм}, L = 1 \text{ км}, B = 6000 \cdot 10^6 \frac{\text{бит}}{\text{с}}$$

$$\text{Из графика зависимости } D(\lambda) = 1,7 \frac{\text{нс}}{\text{нм} \cdot \text{км}} \Rightarrow \sigma_{\text{хр}} = \Delta\lambda \cdot L \cdot D(\lambda),$$

$$\sigma_{\text{хр}} = 0,51 \text{ нс.}$$

Среднеквадратичное удельное уширение импульса:

$$\sigma_y = \frac{\sigma}{L} = 0,51 \frac{\text{нс}}{\text{км}}$$

Длина регенерационного участка по дисперсии:

$$L_D \leq \frac{0,25}{\sigma_y \cdot B} = 81,7 \text{ км}$$

Рассчитанные значения длины показывают, что оптические усилители и компенсатор дисперсии необходимо устанавливать через каждые 81,7 км, если длина трассы проектируемой линии превышает это значение.

Литература

1. Лопатюк А. В. Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС: Учебное пособие/Уфа: РИЦ БашГУ, 2019.-104с.
2. Ахняпов Э.Ш., Куликовский Н.А., Лопатюк А.В. Исследование цифрового кольца, обеспечивающего межстанционную связь на ГТС. В сборнике: Теоретические и экспериментальные исследования нелинейных процессов в конденсированных средах: материалы VIII Межрегиональной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Уфа, 22 – 23 апреля 2022 г.) с.185-186.

© Ахняпов Э.Ш., Мухамедов Д.И., Лопатюк А.В., 2022 г.

УДК 621.391.63

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.45

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТВЕТВИТЕЛЕЙ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩЕГО ТИПА НА ПЛАНАРНЫХ ВОЛНОВОДАХ С ПОДЛОЖКОЙ ИЗ LiNbO_3

Лопатюк А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Ниобат лития LiNbO_3 один из наиболее привлекательных материалов для оптоэлектроники. Его уникальные электрооптические, фотоупругие, пьезоэлектрические и нелинейные свойства в комбинации с хорошими механическими свойствами, химической стабильностью и широким диапазоном пропускания послужили основой для создания целого ряда приборов. В данной работе рассматривается многоканальный интегрально-оптический ответвитель 1x8 каналов размером 3x3 мкм. Показатель преломления подложки – 3,385, пленки – 3,59, покрытия – 1. Толщина волноводного слоя – 1,5 мкм.

Если не два, а большее число каналов связаны между собой, то свет не перекачивается из одного канала в другой и обратно, а растекается по всем имеющимся каналам. При неограниченном числе связанных каналов распределение амплитуды светового поля имеет вид функции Бесселя.

Массив направляющих ответвителей переключающего типа может быть изготовлен как из оптического волокна, так и иметь интегральное исполнение. Рассмотрим направленный ответвитель в интегральном исполнении (рис.1).

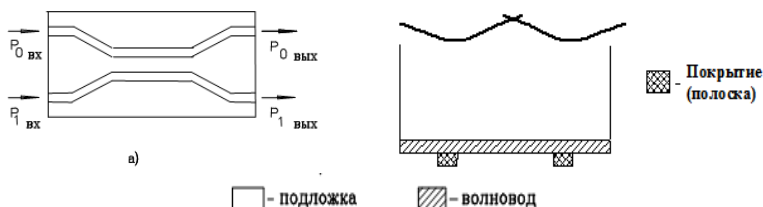


Рис. 1. а) схема направленного ответвителя в интегральном исполнении; б) направленный ответвитель полоскового типа с перемычкой связи между каналами (вид в разрезе)

В формате основной программы САПРа BeamPROP исследуем зависимость мощности мод (WGP) в выходных каналах от длины изогнутых участков (Sbendlength) ответвителей при $\lambda=1310\text{нм}$.

Из графика видно, что переключение мощности в каналах происходит при длине 1500 мкм.

Также рассмотрим влияние на мощность мод длины волны излучения.

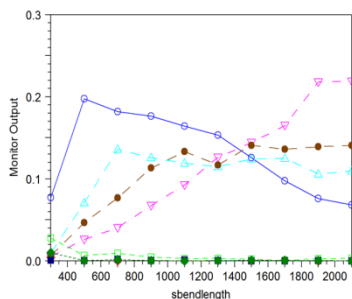
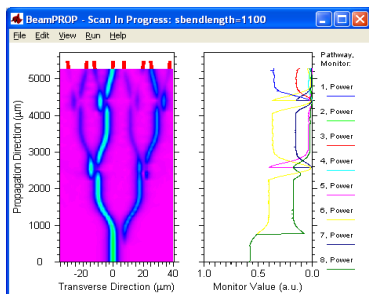


Рис. 2. Распространение излучения в ответвителе. График зависимости мощности мод от длины изогнутых участков

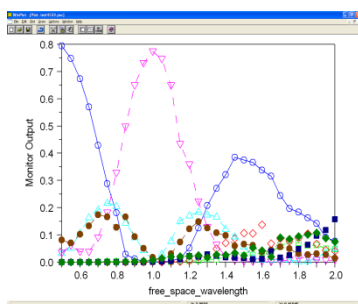
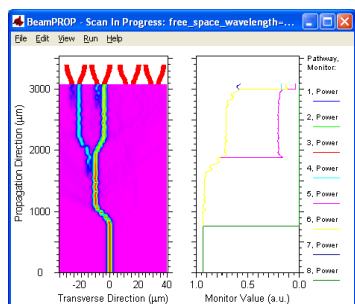


Рис. 3. График зависимости мощности мод от длины волны излучения

Мы можем наблюдать, что на разных длинах волн работают не все каналы, т.е. мощность переключается ответвителем в разные каналы в зависимости от длины волны проходящего излучения.

Литература

1. Ахняпов Э.Ш., Куликовский Н.А., Лопатюк А.В. Исследование цифрового кольца, обеспечивающего межстанционную связь на ГТС. В сборнике: Теоретические и экспериментальные исследования нелинейных процессов в конденсированных средах: материалы VIII Межрегиональной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Уфа, 22 – 23 апреля 2022 г.) с.185–186.
2. Лопатюк А.В., Зиганшина А.Р., Киеккужина Н.У. Определение оптимальной длины волны и диаметра волокна направленного волоконно-оптического ответвителя. В сборнике материалов VI Всероссийской научно-методической конференции, посвященной памяти известного методиста-физика Жерехова Геннадия Ивановича (г.Уфа, 10–11 ноября 2021 г.), стр.138.

© Лопатюк А.В., 2022 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОМООЛИГОНУКЛЕОТИДОВ

¹Кудояров Д.Ш., ²Толеков Д.А., ¹Муллагалиев И.Н., ¹Шарипов Т.И.

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
г. Нур-Султан, Казахстан

Цель нашего исследования состояла в визуализации и определении электрической проводимости олигонуклеотидов, которые представляют собой последовательности только одного вида нуклеотидов: тимина (dT_{12}) либо цитозина (dC_{12}).

В наших экспериментах в качестве подложек мы применяли серебро, термически напыленное в вакууме на поверхность слюды. Брали 5 мкл раствора олигонуклеотидов и прикапывали на поверхность серебряной подложки. После чего ждали полного высыхания капли в атмосфере воздуха.

Сначала получили СТМ-изображение поверхности подложки с напыленным серебром и измерили её вольтамперную характеристику (рис. 1). Видно, что поверхность имеет малую шероховатость, а вольт-амперная характеристика (ВАХ) имеет типичный для металлов вид.

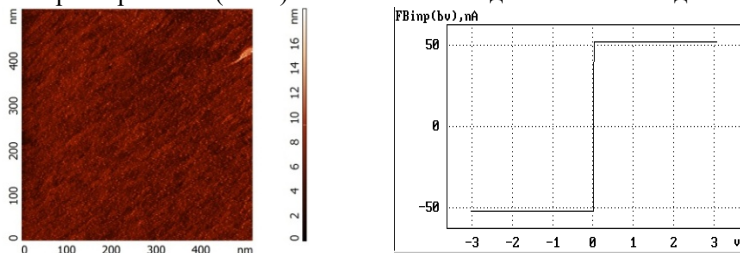


Рис. 1. СТМ-изображение поверхности подложки с напыленным серебром и её вольтамперная характеристика

Затем получили АСМ-изображение олигонуклеотидов (dT_{12}), осажденных на поверхности серебряной подложки (рис. 2а). На АСМ-изображении видны образования сферической формы, по одной из них выполнено сечение (рис. 2б). По профилю сечения видно, что размер по латерали составляет около 33 нм, а высота – около 0,9 нм. Была получена ВАХ макромолекулы (рис. 2в). Кривая вольт-амперной характеристики олигонуклеотидов (dT_{12}) имеет вид присущий полупроводникам. На ВАХ видно, что заметное увеличение туннельного тока происходит при напряжениях, приложенных между кончиком зонда и молекулой, более 0,9 В.

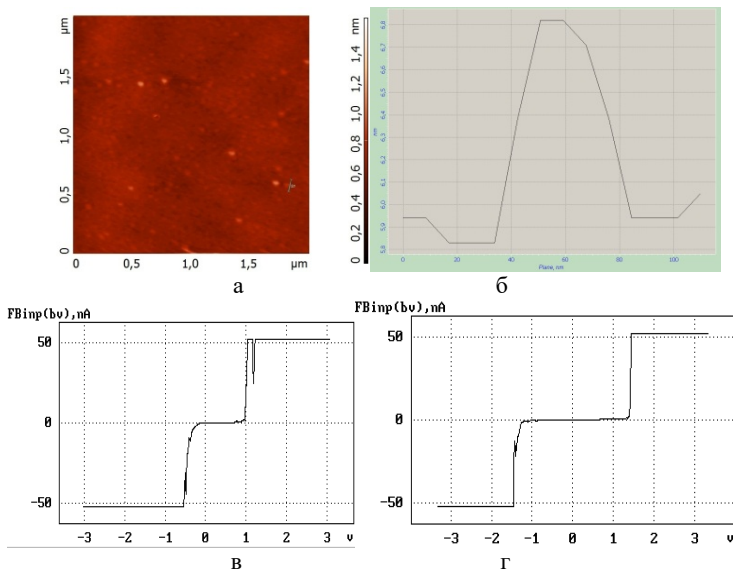


Рисунок 2. а) АСМ-изображение олигонуклеотидов dT_{12} ; б) профиль сечения кластера олигонуклеотида, выполненного по линии, проведенной на рисунке 2а; в) ВАХ олигонуклеотидов dT_{12} ; г) ВАХ олигонуклеотидов dC_{12}

Аналогичные измерения ВАХ были выполнены и для другого типа олигонуклеотидов (рис. 2г). Кривая вольт-амперной характеристики олигонуклеотидов $(dC)_{12}$ имеет вид схожий с ВАХ полупроводников. Резкое увеличение туннельного тока наблюдается при напряжениях, приложенных между кончиком зонда и молекулой, более 1,4 В.

Литература

1. Быков В.А., Лазарев М.И., Саунин С.А. Сканирующая зондовая микроскопия для науки и промышленности. // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2008. – № 5. – С. 7 – 14.
2. Алибай Т.Т., Шарипов Т.И., Кудояров Д.Ш., Муллағалиев И.Н., Нурахметов Т.Н., Бахтизин Р.З. Сканирующая туннельная микроскопия гомонуклеотидов // Сборник тезисов, материалы Двадцать шестой Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых (ВНКСФ-26.2): материалы конференции, тезисы докладов: В 2 т. Т.2 – Екатеринбург – Ростов-на-Дону-Уфа: издательство АСФ России, 2022. С. 88-89.

© Кудояров Д.Ш., Толеков Д.А.,
Муллағалиев И.Н., Шарипов Т.И., 2022 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ МЕТОДАМИ СКАНИРУЮЩЕЙ ТУННЕЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ

¹Толеков Д.А., ²Кудояров Д.Ш., ²Муллагалиев И.Н., ²Шарипов Т.И.,
¹Кайнарбай А.Ж., ²Бахтизин Р.З.

¹Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
г. Нур-Султан, Казахстан

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Интерес к сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) объясняется ее уникальным разрешением, позволяющим проводить исследования на молекулярном уровне. При этом для работы [1] микроскопа не требуется высокий вакуум, в отличие от электронных микроскопов других типов. Он может работать на воздухе и даже в жидкой среде.

В процессе работы СТМ электроны протекают от зонда к образцу или наоборот зависимости от полярности приложенного напряжения. По своей природе электрон обладает как волновыми, так и корпускулярными свойствами. Его поведение описывается с помощью решения уравнения Шрёдингера – волновой функции, квадрат модуля которой характеризует плотность вероятности нахождения электрона в данной точке пространства в данный момент времени.

Расчёты показывают, что волновые функции электронов в атоме отличны от нуля и за пределами сферы, соответствующей поперечнику эффективного сечения атома (размеру атома). Поэтому при сближении атомов волновые функции электронов перекрываются раньше, чем начинает существенно сказываться действие межатомных сил отталкивания. Появляется возможность перехода электронов от одного атома к другому. Таким образом, возможен обмен электронами и между двумя телами, сближенными без соприкосновения, то есть без механического контакта.

Весьма перспективно исследовать молекул ДНК на предмет их применения в качестве нанопроводов в нанoeлектронике. По некоторым данным [2, 3] ДНК в определенной степени может проводить электричество. С помощью СТМ возможно измерение туннельных вольтамперных характеристик (ВАХ). Туннельные ВАХ позволяют судить об особенностях электронного энергетического спектра материала. При этом имеется возможность получать информацию как о локальных свойствах этого спектра (его пространственной неоднородности, структуры примесей и дефектов и т.д.), так и объемных

его характеристиках. В основе действия сканирующего туннельного микроскопа лежит квантовый эффект, который заключается в способности электронов туннелировать сквозь достаточно узкий потенциальный барьер.

Таким образом, сканирующая туннельная микроскопия предоставляет уникальную возможность непосредственного наблюдения распределения электронной плотности на поверхности твердых тел с пространственным разрешением от единиц микрон вплоть до атомарного. СТМ успешно используется в области нанoeлектроники. Она позволяет напрямую наблюдать иммобилизацию биомолекул на поверхности твердого тела и измерять вольтамперные характеристики, а также способствует оцениванию их электропроводности.

Литература

1. Андреева Н. В., Габдуллин П. Г. Физика и диагностика биомолекулярных систем. Исследования методами зондовой микроскопии: учеб. пособие / Н.В.Андреева, П.Г.Габдуллин. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 179 с.
2. Рыков С.А. Сканирующая туннельная микроскопия и атомарно-силовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур : учеб. пособие /– СПб., 2022. – 75 с.
3. Быков В.А., Лазарев М.И., Саунин С.А. Сканирующая зондовая микроскопия для науки и промышленности. // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2008. – № 5. – С. 7 – 14.
4. Natalie Fardian-Melamed, Gennady Eidelshstein, Dvir Rotem, Alexander Kotlyar, and Danny Porath / Temperature Dependence of the STM Morphology and Electronic Level Structure of Silver-Containing DNA/2019 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim/Small 2019, 1905901
5. T I Sharipov, S. Santer, A. Kopyshev, I T Amangulova, R Z Bakhtizin. Scanning probe microscopy/spectroscopy of oligonucleotides with a homonucleotide sequence. // Fifth Asian School-Conference on Physics and Technology of Nanostructured Materials, Vladivostok, Russia, July 30 – August 03, 2020: Proceedings. – Vladivostok : Dalnauka Publishing, 2020. – p.46.

© Толеков Д.А., Кудояров Д.Ш., Муллагалиев И.Н., Шарипов Т.И., Кайнарбай А.Ж., Бахтизин Р.З., 2022 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ Y- ОБРАЗНОГО ОТВЕТВИТЕЛЯ

Куликовский Н.А., Инсапов А.Р., Лопатюк А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Y-образные ответвители предназначены для деления оптической мощности между двумя каналами или объединения оптической мощности из двух каналов в один.

Действие микрооптических ответвителей основано на преобразовании оптического излучения в коллимированный луч, перераспределение энергии в котором, легко обеспечить с помощью зеркал с заданными коэффициентами пропускания и отражения. Ввод излучения в выходные волоконные световоды осуществляют с помощью фокусирующих элементов. В качестве коллимирующих элементов используются сферические, градиентные стержневые и трехмерные интегральные линзы.

Y-образный ответвитель может быть изготовлен из одномодовых или многомодовых волокон с различным профилем показателя преломления путем сварки двух волокон и приваривания к ним третьего или комбинированным методом: сплавляют и вытягивают два волокна, затем разрезают место сужения и приваривают (или приклеивают) третье волокно. При сплавлении волоконных световодов защитные оболочки удаляют механически или химически, иногда отражающую оболочку также частично стравливают.

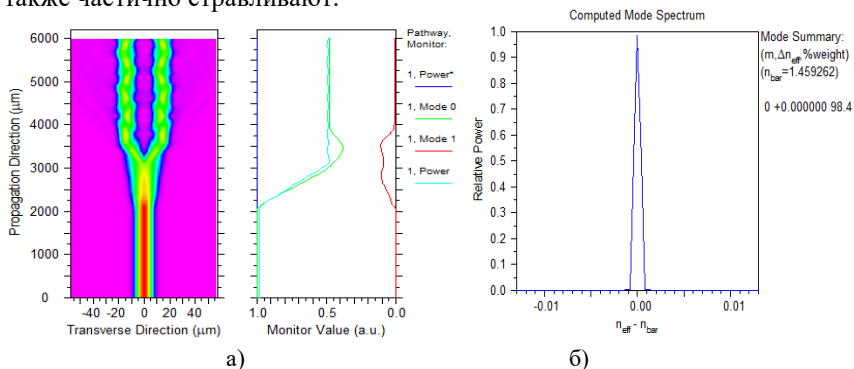


Рис. 1.

На рис. 1а, изображено распространение излучения мод в профиле xz Y-образного ответвителя, а правее изображен график распределения мощностей в левом плече ответвителя. Рис. 1б, показывает спектр нулевой моды в данном процессе.

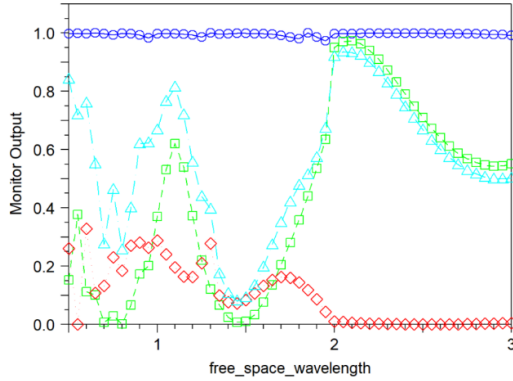


Рис. 2.

Рисунок 2 это график зависимости мощностей относительно длины волны излучения 0,5 – 3 мкм.

По этому графику мы можем определить длину волны отсечки ответвителя, то есть установление одномодового режима. Она составляет 2 мкм, так как диаметр сердцевины волокна 15 мкм, разница показателей преломления сердцевины и оболочки 0,006.

Y-образные ответвители характеризуются коэффициентом передачи между каналами

$$K_{ij} = -10 \lg(P_j / P_i) \quad (1)$$

и вносимыми потерями $\alpha_i = -10 \lg \sum_{j=1}^n P_j / P_i$ (2)

где i, j – номер канала, $P_{i,j}$ – мощность излучения канала. i – номер входного канала, j – номер выходного канала. Вносимое затухание в сплавных Y-образных ответвителях мало 0,2-1,5 дБ.

Литература

1. Лопатюк А. В. Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС: Учебное пособие/Уфа: РИЦ БашГУ, 2019.-104с.
2. Ахняпов Э.Ш., Куликовский Н.А., Лопатюк А.В. Исследование цифрового кольца, обеспечивающего межстанционную связь на ГТС. В сборнике: Теоретические и экспериментальные исследования нелинейных процессов в конденсированных средах: материалы VIII Межрегиональной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Уфа, 22 – 23 апреля 2022 г.) с.185-186.

© Куликовский Н.А.,
Инсапов А.Р., Лопатюк А.В., 2022 г.

БЛОК ПИТАНИЯ С КОМБИНИРОВАННОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА

Д.П. Кузнецов, А.Р. Валишин, Э.Ш. Ахняпов

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что резонансная диодная накачка твердотельных лазеров позволила создать компактные эффективные генераторы наносекундных импульсов. Однако накачка широко-апертурных выходных каскадов больших лазерных комплексов осуществляется только цилиндрическими лампами-вспышками. Традиционный вид накачки (емкостная накачка) обладает минимальным КПД, хотя является наиболее простым и доступным способом. Минимальный КПД лазера обусловлен помимо линейчатого спектра также широким сплошным спектром излучения ламп накачки.

Нами предлагается использовать метод комбинированной накачки для накачки лазера на гранате. На первом этапе комбинированной накачки лампа поджигается высокочастотными колебаниями, образуется канал разряда, далее запускается высокочастотная дежурная дуга в импульсном режиме, длительность и амплитуда пачки импульсов регулируется для выполнения следующих функций: уширения канала разряда лампы и одновременно доводки уровня накачки активного элемента до порогового значения генерации лазера.

На втором этапе на лампу подается энергия заряженного конденсатора. В этом случае энергия накачки состоит из энергии высокочастотных колебаний дежурной дуги и энергии заряженного конденсатора. Поэтому появляется возможность распределения энергии накачки между импульсной высокочастотной дежурной дуги и импульса разряда конденсатора.

© Д.П. Кузнецов, А.Р. Валишин, Э.Ш. Ахняпов, 2022 г.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ПРОБОЯ ЖИДКОСТЕЙ

С.Б. Шугубаева, А.А. Зайнуллин, А.Р. Инсапов

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Для описания процессов развития разряда в жидкостях до сих пор нет единой теории, охватывающей всё многообразие процессов, наблюдаемых экспериментально. Значительное влияние на механизм разряда оказывают такие параметры, как проводимость жидкости, давление в среде, тип и полярность прикладываемого напряжения, длина межэлектродного промежутка, степень неоднородности электрического поля, наличие пузырьков газа и другие факторы. Обширный материал накоплен по импульсным нано и микросекундным разрядам в чистых диэлектрических жидкостях в связи с их использованием в высоковольтном оборудовании. Однако во всех этих работах используются однополярные импульсные воздействия.

Данная работа посвящена исследованию пробоя технической воды высокочастотными электрическими импульсами. Для этих целей нами был разработан и экспериментально собран макет высокочастотного генератора, работающего в импульсно-периодическом режиме с перестраиваемой частотой (1-6) МГц. Параметры генератора: амплитуда импульсов, длительность цуга импульсов, частота следования цуга импульсов, а также частота следования импульсов регулировалась в широких пределах.

При высокочастотной накачке технической воды с целью пробоя нами также обнаружено существенное уменьшение порога пробоя по отношению к импульсной накачке однополярными импульсами. Также было обнаружено существенное увеличение длительности пачки высокочастотных импульсов для возникновения пробоя. При незначительном превышении порога пробоя (10-20%) в газоразрядной лампе длительность пачки высокочастотных импульсов составлял около 100 мкс., а в технической воде эта величина уже составляла более 1.2 мс.

© С.Б. Шугубаева, А.А. Зайнуллин, А.Р. Инсапов, 2022 г.

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ПОСЛЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ПРОБОЯ

Биргалина А.М., Мухамедов Д.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Для диагностики и измерения характеристик плазмы необходимо знать зависимость импеданса плазмы от таких параметров, как значения полного разрядного тока, напряжения на разрядном промежутке (т. е. вольт-амперная характеристика разряда) размера светящихся областей плазмы. Во многих работах ограничиваются значениями средней проводимости и средней электрической мощности в разряде.

Целью данной работы является экспериментальные измерения импеданса плазмы лампы-вспышки твердотельного лазера в зависимости от тока непосредственно после пробоя лампы.

Экспериментальная установка состоит из блока поджига и блока высокочастотной накачки. После поджига лампы к лампе включается высокочастотный генератор. Выход генератора включается в последовательный колебательный контур, состоящий из индуктивности, емкости и лампы. Далее измеряя резонансную частоту контура с лампой и без, а также измеряя резонансную кривую тока от частоты при разных токах в колебательном контуре как с лампой, так и без, мы определяем импеданс плазмы.

Формула Томсона показывает зависимость частоты от индуктивности, емкости и коэффициента затухания. Поэтому главным фактором, влияющим на изменение резонансной частоты контура, является изменение коэффициента затухания, который зависит непосредственно от сопротивления плазмы.

Нами оценено значение импеданса плазмы (десятки Ом) после пробоя и уменьшение этого значения по мере увеличения тока разряда.

Результаты, полученные в этой работе, требуют дальнейших экспериментальных исследований и теоретических обоснований полученных результатов, что планируется выполнить авторами в ближайшее время.

© Биргалина А.М., Мухамедов Д.И., 2022 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИИ НА
СОРБЦИОННУЮ ЕМКОСТЬ ГРАФЕНОВОЙ ЧЕШУЙКИ:
МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Апкадилова Н.Г., Крылова К.А.

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Россия

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Интерес к исследованию скомканного графена (СГ) в качестве среды для хранения и транспортировки водорода связан с большой площадью удельной поверхности и высокой скоростью адсорбции газов [1, 2]. Однако на накопление водорода также оказывает влияние изменение структурных параметров, например, увеличение площади удельной поверхности за счет увеличения диаметра нанотрубки приводит к росту количества адсорбированного водорода [1]. Однако до сих пор недостаточно изучен процесс влияние деформации на СГ, который помещен в водородную среду. В связи с этим целью данной работы была оценка зависимости сорбционной емкости от деформации.

Чешуйку графена помещали в атмосферу водорода и выдерживали при температуре 77 и 300 К и давлении $p = 1, 100$ и 140 атм. Молекулярно-динамическое моделирование проводилось с использованием общедоступного и широко используемого программного пакета LAMMPS. Для описания межатомного взаимодействия использовался многочастичный потенциал Airebo [3].

Установлено, что наилучшая сорбция молекул водорода достигалась на поверхности чешуйки скомканного графена при 77 К и давлении 140 атм. Возрастание температуры до 300 К приводит к интенсивному температурному колебанию атомов, разрушающих силы взаимодействия между углеродной структурой и H_2 .

Литература

1. Wu C. D., Fang T. H., Lo J.Y., // International Journal of Hydrogen Energy. 2012. № 37. P. 14211
2. Krylova K.A., Baimova J.A., Lobzenko I.P., Rudskoy A.I., // Physica B: Condensed Matter. 2020. № 583. P. 412020
3. Stuart S. J., Tutein A. B., Harrison J. A. // J. Chem. Phys. 2000. Vol. 112, № 14. P. 6472.

© Апкадилова Н.Г., Крылова К.А., 2022 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДИФФУЗИИ АТОМОВ АЛЮМИНИЯ И МАГНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Пухачева Ю.А.¹, Полякова П.В.²

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Институт сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

В настоящее время актуальные направления исследований связаны с разработкой новых материалов, обладающих улучшенными механическими характеристиками. Одним из таких направлений являются композиты на основе алюминия (Al), в частности Al-Mg, Al-Ti, Al-Cu и Al-Nb. Подобные композиты можно получить при кручении под квазигидростатическим давлением [1, 2]. В настоящей работе методом молекулярной динамики исследовано перемешивание атомов на границе между алюминием (Al) и магнием (Mg) под действием деформационной обработки: одноосное сжатие, перпендикулярное границе перемешивания атомов, в комбинации с деформацией сдвига в плоскости границы. Исследование проводится с использованием программы LAMMPS и потенциала EAM.

В качестве начальной структуры выбран кубический образец, содержащий 54 170 атомов, где верхний блок Mg, а нижний блок Al, с параметрами решетки $a_{Mg} = 3,203 \text{ \AA}$, $c_{Mg} = 5,2 \text{ \AA}$, $a_{Al} = 4,05 \text{ \AA}$. Размеры структуры: $L_x = L_y = L_z \approx 100 \text{ \AA}$. Периодические граничные условия применяются во всех направлениях. Постоянство температуры (300 К) в системе обеспечивает термостат Носе-Хувера.

Показано, что выбранная в данной работе деформационная обработка, является эффективным способом получения композитной структуры, поскольку уже при малых степенях деформации (до $\varepsilon_{zz} = 0,4$) наблюдается активное перемешивание атомов, однако данной степени деформации недостаточно для получения прочной композитной структуры, поскольку при испытаниях на растяжение образование поры наблюдается на границе перемешивания атомов Al и Mg. Испытания на растяжение структур, полученных после комбинированного сжатия до степеней деформации $\varepsilon_{zz} = 0,4$ и $\varepsilon_{zz} = 0,16$ показывают образование поры в магниевой части образца, а значит граница перемешивания атомов Al и Mg в этих структурах прочнее, чем части чистого металла.

Литература

1. Danilenko, V.N., Sergeev, S.N., Baimova, J.A., Korznikova, G.F., Nazarov, K.S., Khisamov, R.K., Glezer, A.M., Mulyukov, R.R. // *Materials Letters*, 2019, v. 236, pp. 51–55.
2. Danilenko, V.N., Khisamov, R.Kh., Nazarov, K.S., Sergeyev, S.N., Khalikova G.R., Kabirov R.R. // *AIP Conference Proceedings*, 2018, v. 2053, pp. 030-028.

© Пухачева Ю.А., Полякова П.В., 2022 г.

ВЗАИМОДИФфуЗИЯ АТОМОВ НА ГРАНИЦЕ МЕЖДУ МЕТАЛЛАМИ В КОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ Al: МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИНАМИКА

Полякова П.В.¹, Баимова Ю.А.²

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Россия

²Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Композиты на основе алюминия (Al) в настоящее время являются актуальными объектами для исследований, поскольку обладают улучшенными механическими характеристиками, имеют меньший вес, в результате чего могут заменить традиционные материалы в различных областях промышленности. Ранее было показано, что подобные композиты можно получить при кручении под квазигидростатическим давлением [1]. В настоящей работе методом молекулярной динамики исследовано перемешивание атомов на границе между разнородными металлами под действием одноосного сжатия, перпендикулярно границе перемешивания атомов, в комбинации с деформацией сдвига в плоскости границы. Рассмотрено три системы: Al и магний (Mg), Al и титан (Ti), Al и медь (Cu). Начальные структуры – это кубические образцы размерами $L_x = L_y = L_z \approx 100 \text{ \AA}$, где верхний блок Mg (Ti, Cu), а нижний блок Al. Периодические граничные условия применяются во всех направлениях. Постоянство температуры (300 K) в системе обеспечивает термостат Носе-Хувера. Для исследования механических свойств, полученных композитов проводится одноосное растяжение перпендикулярное границе перемешивания атомов, после комбинированного сжатия до разных степеней деформации. Моделирование осуществляется с помощью программного пакета LAMMPS и потенциалов EAM, рассчитанных специально для систем Al/Mg, Al/Ti и Al/Cu.

Показано, что для Al/Mg существует линейная зависимость между глубиной диффузии и приложенной деформацией, для Al/Ti и Al/Cu эта зависимость является логарифмической. Из испытаний на растяжение установлено, что после достижения критического уровня сжатия ($\varepsilon_{zz}=0,1$) значительного упрочнения граничной области не наблюдается. Однако, чем выше приложенная деформация сдвига, тем выше прочность композита. Композит Al/Ti после сжатия до степени деформации 0,16 имеет наивысший предел прочности, а Al/Mg – наименьший.

Литература

1. Danilenko V. N., Sergeev S. N., Baimova J. A., Korznikova G. F., Nazarov K. S., Khisamov R. K., Glezer. A. M., Mulyukov R. R. // Materials Letters, 2019, v. 236, pp. 51–55.

© Полякова П.В., Баимова Ю.А. 2022 г.

УСТОЙЧИВОСТЬ УГЛЕРОДНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ НАНОТРУБОК

Грешняков В.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Углеродные наноструктуры находят широкое применение в качестве конструкционных материалов, износоустойчивых и антикоррозионных покрытий, а также при изготовлении ионисторов, молекулярных сенсоров и т.д. К настоящему времени синтезированы углеродные наноструктуры, состоящие только из sp^2 -гибридизированных атомов или атомов в различных состояниях гибридизации [1], тогда как возможность существования некоторых наноструктур, состоящих из sp^3 -гибридизированных атомов, установлена теоретически только для слоевых разновидностей [2]. В данной работе выполнено исследование стабильности углеродных алмазоподобных нанотрубок (УАНТ) с помощью метода теории функционала плотности.

Исходные структуры УАНТ были получены при свертке лент, вырезанных из одноатомных алмазоподобных слоев L_4 , L_{3-4-6} или L_{3-6} . На рис. 1 приведены примеры УАНТ, полученных на основе слоев L_{3-4-6} или L_{3-6} . Расчеты показали, что только нанотрубки $(n, 0)$ на основе слоя L_4 являются устойчивыми при температуре, близкой к 0 К. Наиболее устойчивой является УАНТ $(5, 0)_4$, которая обладает наименьшим значением полной энергии. В результате молекулярно-динамических расчетов было установлено, что УАНТ $(5, 0)_4$ должна быть стабильной, как минимум, до 150 К.

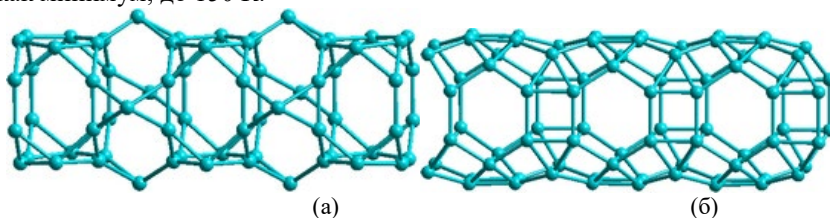


Рис. 1. Алмазоподобные нанотрубки: (а) $(4, 0)_{3-6}$; (б) $(2, 2)_{3-4-6}$

Литература

1. Беленков, Е.А., Грешняков, В.А. // ФТТ, 2013, т. 55 (8), с. 1640-1650.
2. Грешняков, В.А. Беленков, Е.А. // Челябинский физико-математический журнал, 2020, т. 5 (2), с. 150-160.

© Грешняков В.А., 2022 г.

УГЛЕРОДНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ АВТОИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ ГРАФИНОВЫХ СЛОЕВ

Павлик В.В., Грешняков В.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Графиновые слои, состоящие из углеродных атомов в двух- и трехкоординированных состояниях, могут найти практическое применение в качестве селективных фильтров и анодов для литий-ионных аккумуляторов [1]. Кроме того, на основе графитовых слоев возможно формирование автоинтеркалированных графитовых соединений. Поэтому данная работа посвящена изучению структуры и устойчивости автоинтеркалированных графитовых наноструктур.

На основе графитовых слоев α -, β 1- и γ 1-типов были построены семь автоинтеркалированных соединений. В результате геометрической оптимизации этих соединений молекулярно-механическим методом установлено, что автоинтеркалированные структуры α -графита, β 1-графита II типа, γ 1-графита I и III типов являются спиральными (рис. 1а). В остальных структурах слой-предшественники остаются плоскими (рис. 1б). Наиболее устойчивым является автоинтеркалированный α -графит-1 (рис. 1а), так как его разностная энергия составляет -6.07 мэВ.

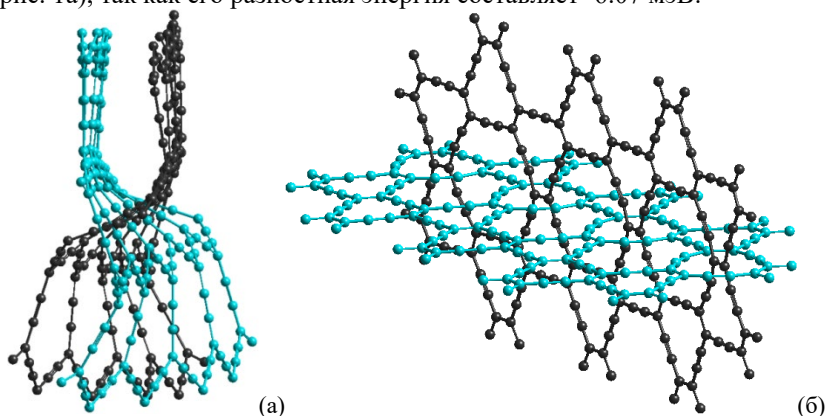


Рис. 1. Автоинтеркалированные слои α -графита-1 (а) и β -графита-1 (б)

Литература

1. Belenkov, E.A. Greshnyakov, V.A. Mavrinskii, V.V. // *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics*, 2021, v. 12(6), pp. 672-679.

© Павлик В.В., Грешняков В.А., 2022 г.

**ОРГАНИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ В БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМАХ
МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Юмалин Т.Т., Салихов Т.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

С развитием сетей пятого поколения и умных устройств все больше набирает популярность концепция удаленного управления и беспроводных сетей. Одним из подобных направлений является сенсорика. На сегодняшний день, как правило, датчики имеют классическую полупроводниковую природу, однако существует особое направление, которое имеет ряд преимуществ перед полупроводниковой электроникой, это органическая электроника.

Преимущество перед классическими неорганическими материалами, заключается в том, что органика значительно легче, может быть физически деформирована (гибкость), легко и дешево изготавливается благодаря использованию полимеров. Подобные свойства очень удачно сочетаются, например, с миниатюрными энергоэффективными датчиками на технологии Bluetooth Low Energy [1].

Сенсоры, которые можно использовать для мониторинга окружающей среды, состоят из многослойных тонкопленочных структур на основе органических соединений, самым популярными из которых являются производные полианилинов [2]. В качестве активного слоя, также могут быть использованы тонкие пленки полииндолов, фуллеренов, РСВМ и полимерные композиты с УНТ и оксидом графена.

Литература

1. Experience of Using Bluetooth Low Energy to Develop a Sensor Data Exchange System Based on the NRF52832 Microcontroller / R. B. Salikhov, V. Kh. Abdrakhmanov, T. T. Yumalin // International Ural Conference on Electrical Power Engineering : Proceedings - 2021 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2021, Magnitogorsk, 24–26 сентября 2021 года. – Magnitogorsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2021. – P. 229-233.
2. Юмалин, Т. Т. Исследование сенсорных свойств производных полианилинов UG-114 и UG-115 // Теоретические и экспериментальные исследования нелинейных процессов в конденсированных средах : материалы VIII Межрегиональной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Уфа, 22–23 апреля 2022 года. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2022. – С. 86-87

© Юмалин Т.Т., Салихов Т.Р., 2022 г.

BLUETOOTH LOW ENERGY В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Технологии беспроводной передачи данных все больше встают на передовой технологического прогресса, а повсеместное внедрение сетей пятого поколения (5G) лишь ускоряет этот процесс. Уделить внимание стоит технологии Bluetooth и ее спецификации Bluetooth Low Energy (BLE), позволяющая обмениваться данными на небольших расстояниях с минимальным энергопотреблением.

В качестве способа передачи данных удобно использовать технологи Wi-Fi и Bluetooth Mesh. Обе технологии широко используются для создания устройств интернета вещей, концепция которого хорошо подходит для систем мониторинга [1]. Технология позволяет создавать сеть со множеством связей типа «one-to-many» или «many-to-many». Используя несколько десятков датчиков, можно покрыть большую территорию без потери связи и низким энергопотреблением. При таком сценарии сенсоры будут служить маячками, которые будут рассылать показания друг другу по всей сети, а технология ретрансляции данных позволяет увеличить эффективную дальность передачи данных. Подобным способом можно покрыть огромные площади, например, производственных помещений, необходимых для мониторинга. Сократить энергопотребление и габаритные размеры датчиков можно используя новые виды сенсорных материалов, например органическую электронику [2]. Подобное решение хорошо подходит для массового производства устройств, благодаря особой технологии их создания.

Литература

1. Salikhov R. B., Abdrakhmanov V. K., Yumalin T. T. Experience of Using Bluetooth Low Energy to Develop a Sensor Data Exchange System Based on the NRF52832 Microcontroller //2021 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). – IEEE, 2021. – С. 229-233.
2. Salikhov T. R., Abdrakhmanov V. K., Yumalin T. T. Application of Organic Sensors in Wireless Environmental Monitoring Systems //2021 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems (ICOECS). – IEEE, 2021. – С. 500-503.

© Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б., 2022 г.

ДАТЧИКИ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИАНИЛИНОВ

Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Химию органических материалов можно изменить так, как это невозможно с такими материалами, как кремний. Органические полупроводники можно сделать растворимыми и превратить в чернила. Это означает, что возможно печатать электронные схемы и производить компоненты так же быстро, как печатать газеты. Наиболее распространенными материалами являются производные полианилинов, их сенсорные свойства широко исследуются многими группами [1]. В данной работе исследуются сенсорные свойства производных полианилина (ПАНИ) UG-114 и UG-115, а также их применение в качестве датчиков влажности и аммиака.

Данные датчики реагируют на содержание аммиака в атмосфере. Как можно заметить, происходит падение проводимости ПАНИ в атмосфере содержащей NH₃. Многократные повторения эксперимента показали, что ПАНИ со временем способны потерять свои сенсорные свойства. Происходит это по причине улетучивания легированных атомов хлора с поверхности пленки, который участвует в процессе проводимости. Поборов этот процесс, возможно создать стабильный датчик аммиака. Вернуть сенсорные свойства пленки ПАНИ можно поместив образец в пары хлора, однако это имеет временный эффект. Поборов данную проблему, данные датчики смогут применяться в производственных помещениях, а в паре с развитием технологий Интернета Вещей можно будет говорить о простых, дешевых и массовых датчиках [2].

Литература

1. Сафаргалин, И. Н. Сенсоры влажности на основе тонких пленок новых производных пани / И. Н. Сафаргалин, Р. Б. Салихов // Современные физика, математика, цифровые и нанотехнологии в науке и образовании, Уфа, 25–27 апреля 2022 года. – Уфа: Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, 2022. – С. 73-74. – EDN XOYFQB.
2. Salikhov T. R., Abdrakhmanov V. K., Yumalin T. T. Application of Organic Sensors in Wireless Environmental Monitoring Systems //2021 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems (ICOECS). – IEEE, 2021. – С. 500-503.

© Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б., 2022 г.

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В СОСТАВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМЕСЕЙ

Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

УНТ в составе эпоксидных смесей, как правило, используют, в композитных материалах благодаря их механическим свойствам. Однако, эпоксидная смола с суперконцентратом УНТ, потенциально, может быть использована в новых сферах, так как графен и УНТ активно применяются в тонкопленочных структурах [1-2]. Подобная смесь пригодна для синтеза тонкопленочных структур так как имеет жидкую фазу, хоть и в значительно более густом виде.

Густая структура ставит определенные ограничения в синтезе тонких пленок. Так, получить тонкую пленку обычным методом центрифугирования практически невозможно. Нанесенная капля УНТ не растекается по подложке должным образом, увеличение оборотов центрифуги приводило к разделению смеси на отдельные ее составляющие (УНТ и растворитель) или к полному отрыву капли от поверхности подложки. Получить тонкие пленки толщиной в ≈ 10 мкм можно с помощью методов прижима и размазывания. В первом случае, нанесенная капля смеси плотно прижимается плоским стеклом из-за чего смесь практически равномерно распределяется по поверхности подложки. Метод размазывания предполагает механическое распределение капли по всей необходимой поверхности подложки. Таким образом, были получены несколько образцов тонких пленок.

Литература

1. Salikhov, R. B., Zilberg, R. A., Mullagaliev, I. N., Salikhov, T. R., & Teres, Y. B. (2022). Nanocomposite thin film structures based on polyarylenephthalide with SWCNT and graphene oxide fillers. *Mendeleev Communications*, 32(4), 520-522.
2. Khuzin, A. A., Tuktarov, A. R., Venidiktova, O. V., Barachevsky, V. A., Mullagaliev, I. N., Salikhov, T. R., ... & Dzhemilev, U. M. (2022). Hybrid molecules based on fullerene C60 and dithienylethenes. synthesis and photochromic properties. optically controlled organic field-effect transistors. *Photochemistry and Photobiology*, 98(4), 815-822.

© Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б., 2022 г.

ИМПЕДАНСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Соколовский Д.Н.^{1,2}, Волкова Я.Ю.², Ибарра Л.², Бабушкин А.Н.²

¹Уральский государственный медицинский университет

Министерства здравоохранения РФ, г. Екатеринбург, Россия

²Уральский федеральный университет им. Первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Представленная работа направлена на изучение особенностей формирования фаз высокого давления углеродных нанотрубок. Структурные исследования углеродных наноматериалов указывают только на локальную трансформацию фаз, и не дают исчерпывающей информации о давлениях фазовых переходов [1]. Применение импедансной спектроскопии может позволить детально характеризовать изменения макроскопических характеристик образца непосредственно при высоких давлениях [2]. Анализ годографов импеданса позволяет выделить вклады, обусловленные объемом зерна, межзеренными границами, пористостью материала, электродными процессами, и т.п.

Исследования влияния высокого давления на комплексное сопротивление углеродных наноструктур проводились с использованием камер высокого давления с проводящими алмазными наковальнями [3].

При давлении 23 ГПа комплексное сопротивление углеродных нанотрубок имеет наибольшую емкостную составляющую, что может свидетельствовать о фазовых переходах второго рода, обусловленных преобразованиями структуры образца [4]. В диапазоне давлений до 27 ГПа годографы импеданса представляют собой две перекрывающиеся окружности, а при давлении выше 27 ГПа наблюдалась только одна окружность. Это объясняется частичным разрушением нанотрубок в образце.

Литература

1. You S., Mases M., Dobryden I., Green A.A., Hersam M.C., Soldatov A.V. // *High Pressure Res*, 2011, v. 31, pp. 186–190.
2. He C., Gao C. et al. // *Applied Physics Letters*, 2007, v. 91, p. 092124.
3. Yakovlev E.N., Vinogradov B.V., Stepanov G.N., Timofeev Yu.A. // *The Review of Physical Chemistry of Japan*, 1980, v. 50, pp. 243–258.
4. Hu M., Zhao Z. et al. // *Scientific Reports*, 2013, v. 3, p. 1331.

© Соколовский Д.Н., Волкова Я.Ю.,
Ибарра Л., Бабушкин А.Н., 2022 г.

ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫЕ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСОВ Cu(II), Ni(II) И Zn(II)

Зильберг Р.А., Вакулин И.В., Булышева Е.О., Селуянова А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Спектр соединений, используемых в качестве хиральных селекторов весьма разнообразен, однако лишь небольшая их часть обеспечивает требуемое сочетание характеристик – надежность распознавания энантиомеров, чувствительность, воспроизводимость, стабильность, доступность, и самое главное простоту изготовления энантиоселективного вольтамперометрического сенсора (ЭВС). В последнем случае перспективными представляются использование комплексов переходных металлов с органическими хиральными лигандами. Структура хирального лиганда с координационным числом металла комплексообразователя имеет решающее значение на селективность и прочие характеристики ЭВС. Благодаря успехам синтетической органической химии и химии координационных соединений открываются широкие возможности регулирования свойств образующихся комплексов за счет формирования лигандов заданной структуры, геометрии и необходимого хирального окружения, что позволяет целенаправленно формировать высокоселективные, устойчивые и стабильные во времени ЭВС. Нами разработаны два типа сенсоров: композитные на основе СУЭ [1-5] и пастовые электроды из CarboBlack С, модифицированные комплексными соединениями переходных металлов. Предложенные сенсоры успешно апробированы для определения энантиомеров тирозина и пропранолола и напроксена.

Литература

1. Enantioselective Voltammetric Sensors Based on Amino Acid Complexes of Cu(II), Co(III), and Zn(II) / R. A. Zil'berg, L. R. Zagitova, I. V. Vakulin [et al.] // Journal of Analytical Chemistry. – 2021. – Vol. 76. – No 12. – P. 1438-1448.
2. Вольтамперометрический сенсор на основе аминокислотного комплекса меди (II) для определения энантиомеров триптофана / Р. А. Зильберг, Ю. Б. Терес, Л. Р. Загитова [и др.] // Аналитика и контроль. – 2021. – Т. 25. – № 3. – С. 193-204.
3. Вольтамперометрическое определение энантиомеров тирозина в фармацевтических и биологических образцах / Р. А. Зильберг, Г. Р. Каримова, А. С. Терентьева [и др.] // Вестник Башкирского

- университета. – 2021. – Т. 26. – № 1. – С. 84-92. – DOI 10.33184/bulletin-bsu-2021.1.14. – EDN UHMZSC.
4. Zilberg, R.A.; Berestova, T.V.; Gizatov, R.R.; Teres, Y.B.; Galimov, M.N.; Bulysheva, E.O. Chiral Selectors in Voltammetric Sensors Based on Mixed Phenylalanine/Alanine Cu(II) and Zn(II) Complexes. *Inorganics* 2022, 10, 117. <https://doi.org/10.3390/inorganics10080117>.

© Зильберг Р.А., Вакулин И.В.,
Булышева Е.О., Селуянова А.А., 2022 г.

НАНОКОМПОЗИТНЫЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНОГО КОМПЛЕКСА ХИТОЗАНА И N-СУКЦИНИЛ-ХИТОЗАНА

Булышева Е.О., Терес Ю.Б., Сычева М.А., Зильберг Р.А.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из динамично развивающихся направлений нанотехнологии в современном мире является гибкая наноэлектроника. Наноэлектронные системы находят применение во многих отраслях медицины, промышленности, материаловедения, физики и др. Для создания этих систем необходимым условием является наличие электропроводящих материалов. Наиболее перспективными на сегодняшний день являются полупроводниковые материалы на основе токопроводящих полимеров [1]

В данном исследовании были разработаны наноконпозиты, используемые в качестве тонкопленочных полупроводниковых материалов в полевых транзисторах. Полиэлектролитный комплекс хитозана и N-сукцинил-хитозана (ПЭК) [2, 3], а также поликатион (гидрохлорид хитозана (ГХТЗ)) и полианион (N-сукцинил-хитозан (СХТЗ)), из которых он состоит, были использованы в качестве подложки. В качестве наполнителей полимеров были изучены различные углеродсодержащие наноматериалы: одностенные углеродные нанотрубки (УНТ), оксид графена (ОГ), а также сорбенты CarboblackC и Carborack. Полученные пленки были исследованы методами циклической вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса. Установлено, что наилучшими выходными и передаточными характеристиками обладают транзисторы на основе полимерных композитов с УНТ и Carborack.

Литература

1. Nanocomposite thin film structures based on polyarylenephthalide with SWCNT and graphene oxide fillers / R. B. Salikhov, R. A. Zilberg, I. N. Mullagaliev, T. R. Salikhov, Y. B. Teres // Mendeleev Communications. – 2022. - Vol. 32. - No 4. - P. 520–522. DOI 10.1016/j.mencom.2022.07.029
2. Вольтамперометрический сенсор на основе полиэлектролитного комплекса и аминокислотного комплекса меди (II) для распознавания и определения энантимеров тирозина / Р. А. Зильберг, Ю. Б. Терес, Л. Р. Загитова [и др.] // Вестник Башкирского университета. – 2021. –

Т. 26. – № 4. – С. 877-885. – DOI 10.33184/bulletin-bsu-2021.4.4. – EDN FCVYOR.

3. Zilberg, R.A.; Berestova, T.V.; Gizatov, R.R.; Teres, Y.B.; Galimov, M.N.; Bulysheva, E.O. Chiral Selectors in Voltammetric Sensors Based on Mixed Phenylalanine/Alanine Cu(II) and Zn(II) Complexes. *Inorganics* 2022, 10, 117. <https://doi.org/10.3390/inorganics10080117>.

© Булышева Е.О., Терес Ю.Б., Сычева М.А., Зильберг Р.А., 2022 г.

**ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР ДЛЯ
РАСПОЗНАВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ НАПРОКСЕНА**

Терес Ю.Б., Ионина А.М., Масалимова Л.Ф., Зильберг Р.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Распознавание и определение энантиомеров биологически активных соединений является одной из важнейших задач аналитической химии [1-3]. Нами разработан композитный вольтамперометрический сенсор на основе стеклоуглеродного электрода (СУЭ), модифицированного композитом полиэлектролитного комплекса хитозана и N-сукцинилхитозана (ПЭК) с бетулиновой кислотой (БК) в качестве хирального селектора и цеолитом (Ц). Объектом исследования были выбраны энантиомеры напроксена (Nар). В качестве аналитического сигнала рассматривали второй пик окисления Nар, так как коэффициент селективности $i_{p2R}/i_{p2S} > i_{p1R}/i_{p1S}$. Установлен линейный диапазон концентраций от $2.5 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ М, с пределами обнаружения $1.07 \cdot 10^{-7}$ М и $1.47 \cdot 10^{-7}$ М и нижними границами определяемых концентраций $3.56 \cdot 10^{-7}$ М и $4.89 \cdot 10^{-7}$ М для R- и для S-Nар соответственно. Наибольшую чувствительность сенсор проявляет к R-Nар ($\Delta E_2 = 60$ мВ, $i_{pR}/i_{pS} = 1.40$). Установлено, что электродный процесс окисления Nар на СУЭ/ПЭК/БК/Ц контролируется диффузией. Разработанный композитный сенсор апробирован для определения R- и S-Nар в модельных растворах чистых энантиомеров и в биологических жидкостях. Правильность определения оценена методом «введено-найдено», относительное стандартное отклонение во всех случаях не превышает 3.4%, а значения относительной погрешности измерений – 3.0%.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант № 21-13-00169.

Литература

1. Enantioselective Voltammetric Sensors: New Solutions / V. N. Maistrenko, A. V. Sidel'nikov, R. A. Zil'berg // Journal of Analytical Chemistry. – 2018. – Vol. 73. – No 1. – P. 1-9.
2. Энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры / В.Н. Майстренко, Г.А. Евтюгин, Р.А. Зильберг.- Уфа: Башкирский государственный университет, 2018. – 189 с. – ISBN 978-5-7477-4754-8. – EDN SEWOCB.
3. Zilberg, RA, Vakulin, IV, Teres, JB, Galimov, II, Maistrenko, VN. Rational design of highly enantioselective composite voltammetric sensors using a computationally predicted chiral modifier. Chirality. 2022; 1-17. doi:10.1002/chir.23502.

© Терес Ю.Б., Ионина А.М., Масалимова Л.Ф., Зильберг Р.А., 2022 г.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ХИРАЛЬНЫХ СЕЛЕКТОРОВ СМЕШАННЫХ ХЕЛАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ CU(II) И ZN(II)

Терес Ю.Б., Мухаметдинов Ч.Р., Зильберг Р.А.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из перспективных направлений электрохимических методов является создание энантиоселективных вольтамперометрических сенсоров (ЭС). Однако не всегда ЭС позволяют обнаружить заметную разницу между аналитическими сигналами энантиомеров на вольтамперограммах. В связи с этим большое внимание уделяется исследованиям по разработке недорогих и простых в изготовлении ЭС, способных к хиральному распознаванию энантиомеров [1].

Нами разработаны энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры на основе стеклоглеродного электрода (СУЭ), модифицированного композитами полиэлектrolитного комплекса хитозана и N-сукцинил-хитозана и смешанных хелатных комплексов $[M(S-Ala)_2 (H_2O)_n] - [M(S-Phe)_2 (H_2O)_n]$ ($M = Cu(II), Zn(II); n = 0-1$) в качестве хиральных селекторов для распознавания и определения энантиомеров лекарственных препаратов. В качестве объектов исследования были выбраны энантиомеры напроксена (Nар) и пропранолола (Pрr). Наилучшие результаты, показанные смешанным комплексом меди $[Cu(S-Ala)_2] - [Cu(S-Phe)_2]$, составили: $i_{pS}/i_{pR} = 1.27$ и $\Delta E_p = 30$ мВ для Nар; $i_{pS}/i_{pR} = 1.37$ и $\Delta E_p = 20$ мВ для Pрr. Изучены электрохимические и аналитические характеристики сенсоров. Правильность результатов определения энантиомеров Nар и Pрr предложенными композитными сенсорами оценивали методом «введено-найдено». Относительное стандартное отклонение не превышало 2.2 % при определении энантиомеров Nар и 1.9 % энантиомеров Pрr в модельных растворах, а в биологических жидкостях колебалось в пределах 1.9–4.7%.

Литература

1. Майстренко, В. Н. Энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры на основе хиральных материалов / В. Н. Майстренко, Р. А. Зильберг // Журнал аналитической химии. – 2020. – Т. 75. – № 12. – С. 1080-1096. – DOI 10.31857/S0044450220120105. – EDN ZJLBKT.
2. Zilberg, R.A.; Berestova, T.V.; Gizatov, R.R.; Teres, Y.B.; Galimov, M.N.; Bulysheva, E.O. Chiral Selectors in Voltammetric Sensors Based on Mixed Phenylalanine/Alanine Cu(II) and Zn(II) Complexes. *Inorganics* 2022, 10, 117. <https://doi.org/10.3390/inorganics10080117>.

© Терес Ю.Б., Мухаметдинов Ч.Р., Зильберг Р.А., 2022 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АI/ГРАФЕН С ПОМОЩЬЮ ПОТЕНЦИАЛ МОРЗЕ

Е.А. Рожнова¹, Л.Р. Сафина²

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Последние несколько десятилетий большой интерес вызывают новые композитные материалы на основе графена и наночастиц АI. В данной работе изучается применимость потенциала Морзе для моделирования взаимодействия в системе АI/графен на примере взаимодействия наночастиц АI и скомканного графена.

Для анализа влияния и выбора параметров потенциала Морзе, структура скомканного графена, заполненная наночастицами АI, выдерживается при комнатной температуре 300 К. Моделирование проводится с использованием пакета LAMMPS с потенциалом AIREBO для описания взаимодействия С-С. Для описания взаимодействия атомов АI-АI и АI-С используется потенциал Морзе с параметрами, полученными методом *ab-initio*. Параметры для потенциала Морзе АI-С выбраны из [1]: $D = 0,469$ эВ, $r_e = 1.738$ Å и $\beta = 2.243$ 1/Å и из работы [2]: $D = 0.196$ эВ, $r_e = 4.017$ Å и $\beta = 3.450$ 1/Å. Для описания взаимодействия атомов АI-АI используются параметры, предложенные в работе [3]: $D_e = 0.2703$ эВ, $r_e = 1.1646$ Å и $\beta = 3.253$ 1/Å.

Результаты моделирования показывают, что при выборе параметров [1] наблюдается сильное взаимодействие между чешуйками графена и наночастицами АI. При использовании параметров из работы [2]: наночастицы алюминия и чешуйки графена слабо взаимодействуют друг с другом. Анализ литературы показывает, что результаты, полученные с помощью параметров из работы [2], гораздо реалистичнее описывают поведение структуры АI/графен.

Литература

1. Caihao, Q., Yishi, S., Jingyu Y., et all. Microstructural characteristics and mechanical behavior of SiC(CNT)/Al multiphase interfacial micro-zones via molecular dynamics simulations. // Compos. B: Eng. 2021. V. 220. P. 108996
2. Katin, K.P., Kaya S., Maslov M.M. Graphene nanoflakes and fullerenes doped with aluminum: features of Al-C interaction and adsorption characteristics for application to drug delivery // Lett. Mater. 2022. V. 12 (2). Pp. 148-152.
3. Girifalco L.A., Weizer V.G. Application of the Morse Potential Function to Cubic Metals // Phys. Rev.1959. V. 114 (3). P. 687.

© Рожнова Е.А., Сафина Л.Р., Баимова Ю.А., 2022 г.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОСТИ ХИРАЛЬНОГО МОДИФИКАТОРА

Галимов И.И., Вакулин И.В., Зильберг Р.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Несмотря на большой интерес к ЭВС [1,2] до сих пор подбор наиболее эффективного хирального модификатора к заданному аналиту осуществляется опытным путем. Поэтому мы разработали методику теоретического прогнозирования оценки энантиоселективности хирального модификатора. Очевидно, что в случае твердых хиральных модификаторов способных разместить молекулу аналита в имеющейся полости, например циклодекстрины (ЦД) или хиральные нанотрубки (УНТ), энантиоселективность сенсора должна иметь некоторую корреляцию с разностью энергий адсорбции R- и S- энантиомеров аналита. С использованием методов квантовой химии и молекулярной динамики мы получили ряд корреляционных зависимостей энантиоселективности ЭВС от разности энергий адсорбции ряда аналитов (аминокислоты, β -адренолокаторы). Так как в литературе в основном описано использование модифицированных ЦД и УНТ в качестве селекторов мы рассмотрели два варианта отбора пар значений для построения зависимостей – строгое соответствие структуры модификатора использованного в расчете и эксперименте и нестрогое соответствие. Также мы рассматривали возможность улучшения качества корреляции за счет использования двухпараметрического уравнения, в котором в качестве второго параметра рассматривался размерный коэффициент, определяемый как отношение линейного размера аналита к диаметру полости ЦД или УНТ. Согласно полученным зависимостям лучшая корреляция наблюдаются для случаев строгого соответствия структуры модификатора использованного в эксперименте и расчете. Также корреляцию улучшает использование в уравнении размерного коэффициента в качестве второго аргумента [3].

Литература

1. Zilberg, R.A.; Berestova, T.V.; Gizatov, R.R.; Teres, Y.B.; Galimov, M.N.; Bulysheva, E.O. Chiral Selectors in Voltammetric Sensors Based on Mixed Phenylalanine/Alanine Cu(II) and Zn(II) Complexes. *Inorganics* 2022, 10, 117. <https://doi.org/10.3390/inorganics10080117>
2. Энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры на основе аминокислотных комплексов Cu(II), Co(III), Zn(II) / Р. А. Зильберг, Л. Р. Загитова, И. В. Вакулин [и др.] // Журнал аналитической химии. – 2021. – Т. 76. – № 12. – С. 1111-1122. – DOI 10.31857/S004445022112015X. – EDN KHIJYY.

3. Zilberg, RA, Vakulin, IV, Teres, JB, Galimov, II, Maistrenko, VN. Rational design of highly enantioselective composite voltammetric sensors using a computationally predicted chiral modifier. *Chirality*. 2022; 1- 17. *Chirality*. 2022; 34:1472–1488. doi:10.1002/chir.23502.

© Галимов И.И., Вакулин И.В.,
Зильберг Р.А., 2022 г.

НАНОКОМПОЗИТНЫЕ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДА МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ОУНТ И ОКСИДОМ ГРАФЕНА

Булышева Е.О., Зильберг Р.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время в области наноэлектроники наибольший интерес вызывает разработка новых полупроводниковых материалов на основе соединений полифункционального действия – полимеров для полевых транзисторов. Уникальными являются тонкие пленки полиарилефталидов (ПАФ) [1-2] и нанокompозитов на их основе.

Целью настоящей работы являлась разработка и исследование новых нанокompозитных пленок на основе ПАФ, модифицированного одностенными углеродными нанотрубками (ОУНТ) или оксидом графена (ОГ). Для исследования электрохимических свойств СУЭ/ПАФ и нанокompозитов СУЭ/ПАФ/ОГ, СУЭ/ПАФ/ОУНТ проводили циклические вольтамперометрические и импедансные измерения в редокс-стандартном растворе эквимольной смеси гексацианоферрата калия (II / III). Рассчитанная по уравнению Рэндлса – Шевича эффективная площадь поверхности, возросла, по сравнению с СУЭ/ПАФ, для СУЭ/ПАФ/ОГ и СУЭ/ПАФ/ОУНТ на 1,2% и 1,5 % соответственно. Чистый ПАФ имеет высокое сопротивление переноса заряда, по сравнению с нанокompозитами, что согласуется с данными циклической вольтамперометрии и подтверждает эффективность предложенных нанокompозитов. Таким образом, разработанные нанокompозитные тонкие пленки СУЭ/ПАФ/ОГ и СУЭ/ПАФ/ОУНТ могут использоваться в электроанализе веществ различной природы, в том числе и для создания полевых транзисторов [3].

Литература

1. Вольтамперометрические сенсоры и сенсорная система на основе модифицированных полиарилефталидами золотых электродов для распознавания цистеина / Ю. А. Яркаева, Д. И. Дубровский, Р. А. Зильберг, В. Н. Майстренко // Электрохимия. – 2020. – Т. 56. – № 7. – С. 591–603. – DOI 10.31857/S0424857020070075. – EDN JSJSVQ.
2. Вольтамперометрическая мультисенсорная система на основе модифицированных полиарилефталидами стеклоуглеродных электродов для распознавания и определения варфарина / Р. А. Зильберг, Ю. А. Яркаева, Д. И. Дубровский [и др.] // Аналитика и

контроль. – 2019. – Т. 23. – № 4. – С. 546-556. – DOI 10.15826/analitika.2019.23.4.003. – EDN OYUQPQ.

3. Salikhov, R. B., Zilberg, R. A., Mullagaliev, I. N., Salikhov, T. R., Teres, Y. B. Nanocomposite thin film structures based on polyarylenephthalide with SWCNT and graphene oxide fillers // Mendeleev Communications, 2022, V. 32, № 4, P. 520–522.

© Булышева Е.О., Зильберг Р.А., 2022 г.

УВЕЛИЧЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА В ТОНКИХ ПЛЁНКАХ АЛЮМИНИЯ

Седов Е.А.^{1,2}, Завьялов В.В.^{1,3}, Арутюнов К.Ю.^{1,3}

¹Национальный исследовательский университет

Высшая школа экономики, г. Москва, Россия

²Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия

³Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, г. Москва, Россия

Уменьшая толщину сверхпроводящих плёнок алюминия, можно достичь увеличения критической температуры перехода в сверхпроводящее состояние T_c в несколько раз [1]. На увеличение T_c влияет множество факторов, минимизировать которые, при производстве образцов, весьма затруднительно. Однако, существует предположение, что в атомарно гладкой монокристаллической плёнке T_c будет соответствовать значению в объёмном проводнике из алюминия [2].

Нами были изготовлены плёнки методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Благодаря данной методике изготовления удалось получить плёнки с шероховатостью в один атомарный слой и средним размером гранул 200 нм, а также без наличия переходного слоя между подложкой и самим образцом.

Данные качества структур должны максимально приблизить значение T_c к объёмной величине. Однако, с уменьшением толщины, тренд на увеличение T_c , с уменьшением толщины, по-прежнему сохраняется.

Е.А.С. и К.Ю.А. благодарят программу сотрудничества «Зеркальные лаборатории» Национального Исследовательского Университета Высшая Школа Экономики и Башкирского Государственного Педагогического Университета им. М.В. Акумулы.

Литература

1. Ming Yu, Strongin M., Paskin A. Consistent calculation of boundary effects in thin superconducting films // Physical Review B. 1976, 14, 3, 996 – 1005.
2. V.L. Ginzburg. Concerning Surface superconductivity // Journ. xperimental Theoret. Phys. (U.S.S.R.) – 1964 – 47 – 2318-2320.

© Седов Е.А., Арутюнов К.Ю.,
Завьялов В.В., 2022 г.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ДОСТУПА НА ОБЪЕКТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GSM

Козин К.Д., Султанов Д.И., Абдрахманов В.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время сеть провайдеров не позволяет обеспечить подключения к интернету вне зоны их покрытия для мониторинга и обеспечения безопасности территории. Задача заключается в разработке программно-аппаратного комплекса, реализующего систему контроля доступа на объект и удаленного мониторинга объекта с использованием средств сотовой связи.

На основе идеи была реализована базовая конструкция с помощью программируемого модуля Arduino Uno, позволяющего осуществить все необходимые процессы; считывателя RFID-метки RFID-RC522, GSM SIM900 позволяющего получить доступ к облачному хранилищу, содержащему логику контроля доступа на объект и алгоритмы оповещения. Данная логика была разработана в облачном сервисе Rightech. В конечном итоге, реализованные в облаке алгоритмы обрабатывают данные, поступающие со считывателя и формируют сообщение телеграмм-боту следующего формата: время, ФИО владельца карты доступа, опции доступа.

Представленный способ обеспечивает подключение к Интернету (и в конечном счете к облаку с логикой работы системы) не посредством проводного интернета или WIFI, а благодаря сотовой связи, что также позволит сэкономить на оптоволокне или установке дополнительных WiFi повторителей.

Литература

1. Salikhov R. B., Abdrakhmanov V. K., Safargalin I. N. Internet of Things (IoT) Security Alarms on ESP32-CAM //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 2096. – №. 1. – С. 012109
2. Salikhov R. B., Abdrakhmanov V. K., Yumalin T. T. Experience of Using Bluetooth Low Energy to Develop a Sensor Data Exchange System Based on the NRF52832 Microcontroller //2021 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). – IEEE, 2021. – С. 229-233.
3. Rightech IoT Cloud. Режим доступа: <https://rightech.io/>

© Козин К.Д., Султанов Д.И., Абдрахманов В.Х., 2022 г.

СЕНСОРЫ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ХИТОЗАНА

Остальцова А.Д., Салихов Т.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Новые структуры на основе полимеров привлекли большое внимание при разработке электронных сенсорных систем, благодаря их невысокой стоимости, простоте изготовления, относительно не сложной модуляции свойств. Различные материалы, такие как органические полимеры, хитозан, неорганические композитные материалы и керамика широко используются для сенсорных датчиков, например, для датчиков относительной влажности воздуха и разных газов [1-3].

Были измерены зависимости тока от относительной влажности воздуха на резистивной структуре, представляющей собой близко расположенные алюминиевые контактные площадки, поверх которых наносилось тонкая пленка хитозана.

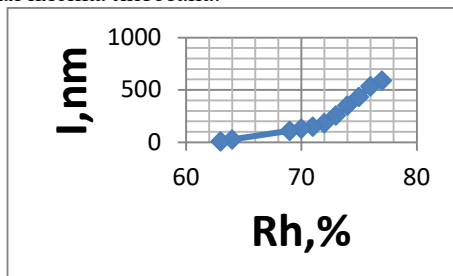


Рис. 1. Зависимость тока от относительной влажности воздуха

Литература

1. Salikhov, R. B., Zilberg, R. A., Mullagaliev, I. N., Salikhov, T. R., & Teres, Y. B. (2022). Nanocomposite thin film structures based on polyarylenephthalide with SWCNT and graphene oxide fillers. *Mendeleev Communications*, 32(4), 520-522.
2. Functionalized polyanilines: influence of the surface morphology on the electrophysical and sensory properties of thin films based on them. Salikhov R.B., Biglova Yu.N., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R., Mustafin A.G. *Materials Letters*. 2021. Т. 11. № 2 (42). С. 140.
3. The structural factors affecting the sensory properties of polyaniline derivatives. Andriianova A.N., Latypova L.R., Mustafin A.G., Salikhov R.B., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R. *Sustainable Energy and Fuels*. 2022.

© Остальцова А. Д., Салихов Т.Р., 2022 г.

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ ПЛЕНОК ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИАНИЛИНА НА СЕНСОРНУЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ВЛАЖНОСТИ И ПАРАМ АММИАКА

Бадретдинов Б.Р., Остальцова А.Д.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Новые материалы на основе полимеров привлекли большое внимание при разработке электронных сенсорных систем, благодаря их невысокой стоимости, простоте изготовления, относительно не сложной модуляции свойств с помощью функционализации [1]. Различные материалы, такие как органические полимеры, неорганические композитные материалы и керамика широко используются для сенсорных датчиков, например, для датчиков влажности воздуха и разных газов [2].

Цель данного исследования заключается в установлении влияния морфологии на сенсорную чувствительность тонких пленок производных полианилина к влажности воздуха и парам аммиака в воздухе.

С помощью сканирующего электронного микроскопа исследована морфология поверхности тонких пленок, полученных из раствора синтезированных полимеров методом центрифугирования на ситалловые подложки. Изучение характера морфологии является чрезвычайно важным при создании сенсорных устройств. На основе данных полимеров были приготовлены образцы резистивных тонкопленочных структур

Результаты исследования морфологии поверхности пленок показывают, что на чувствительность в большей степени влияет морфология поверхности, ее общая площадь, а не среднеквадратичная шероховатость, которая с учетом погрешности не сильно отличается друг от друга для образцов P1 (поли-2-[(2e)-1-метил-2-бутен-1-ил]анилина) и P2 (поли-2-(циклогекс-2-ен-1-ил)анилина). Чувствительность пленок P1 к влажности воздуха в 3 раза выше, по сравнению с пленками P2, что подтверждается значениями тока, протекающего через образец.

Литература

1. Polymerization of new aniline derivatives: synthesis, characterization and application as sensors. Mustafin A.G., Latypova L.R., Andriianova A.N., Salikhov S.M., Usmanova G.S., Mullagaliev I.N., Salikhov R.B. RSC Advances. 2021. T. 11. № 34. С. 21006-21016.
2. Synthesis and physicochemical properties of poly(2-ethyl-3-methylindole). Mustafin A.G., Latypova L.R., Andriianova A.N., Salikhov S.M., Sattarova A.F., Abdrakhmanov I.B., Mullagaliev I.N., Salikhov R.B. Macromolecules. 2020. T. 53. № 18. С. 8050-8059.

© Бадретдинов Б.Р., Остальцова А.Д., 2022 г.

ДАТЧИКИ ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Бадретдинов Б.Р., Остальцова А.Д.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Увеличение электропроводности полимерной пленки с увеличением влажности окружающей среды связано с увеличением подвижности легирующего иона, слабо связанного с полимерной цепью силами Ван-дер-Ваальса, либо обусловлено процессом протонирования полимера. При повышении влажности окружающей среды полимерная пленка поглощает влагу, что приводит к набуханию полимера и последующему разворачиванию компактной спиральной формы полимерной цепи. Формирование более выровненной структуры производного ПАНИ облегчает процесс переноса заряда по полимерной цепи. Адсорбция молекул воды на поверхности полимерной пленки происходит непосредственно за счет образования водородной связи между молекулами воды и аминогруппами в полимерной цепи производных ПАНИ. При дальнейшем увеличении влажности возможно образование нескольких слоев, состоящих из молекул воды. Предполагается также, что насыщение полимера влагой может сопровождаться образованием комплекса за счет переноса неподеленной электронной пары от атома азота полимера к молекулам воды. Образовавшиеся ионы гидроксония могут участвовать в процессе переноса заряда [1]. Кроме того, следует отметить, что при высокой влажности окружающей среды за счет образования сети водородных связей и вследствие диссоциации молекул воды может достигаться протонная проводимость Гротгуса. Таким образом, наблюдается уменьшение сопротивления из-за процесса переноса заряда. Можно предположить, что взаимодействие полимерной цепи с молекулами воды протекает аналогично процессу легирования полимера кислотой [2-3].

Литература

1. The structural factors affecting the sensory properties of polyaniline derivatives. Andriianova A.N., Latypova L.R., Mustafin A.G., Salikhov R.B., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R. Sustainable Energy and Fuels. 2022.
2. Влияние условий синтеза на физико-химические свойства поли-2-[(2e)-1-метил-2-бутен-1-ил]анилина. Андриянова А.Н., Грибко Д.Э., Муллагалиев И.Н., Салихов Р.Б., Мустафин А.Г. Высокомолекулярные соединения. Серия Б. 2021. Т. 63. № 2. С. 131-137.

3. Synthesis and physicochemical properties of poly[2-(2-chloro-1-methylbut-2-en-1-yl)aniline] obtained with various dopants. Latypova L.R., Andriianova A.N., Salikhov S.M., Abdrakhmanov I.B., Mustafin A.G., Mullagaliev I.N., Salikhov R.B. Polymer International. 2020. T. 69. № 9. С. 804-812.

© Бадретдинов Б.Р., Остальцова А.Д., 2022 г.

ДАТЧИКИ АММИАКА НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Остальцова А.Д., Салихов Т.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Пленки производных полианилина реагируют на присутствие паров аммиака в окружающей среде уменьшением протекающего тока (рис.1). Исследовано влияние морфологии производных полианилина на электропроводность, сенсорную чувствительность к влажности воздуха тонкопленочных структур на их основе и реакцию на пары аммиака. Синтезированы производные анилина, а также полимеры на их основе поли-2-[(2E)-1-метил-2-бутен-1-ил] анилина (P1) и поли-2-(циклогекс-2-ен-1-ил) анилин (P2).

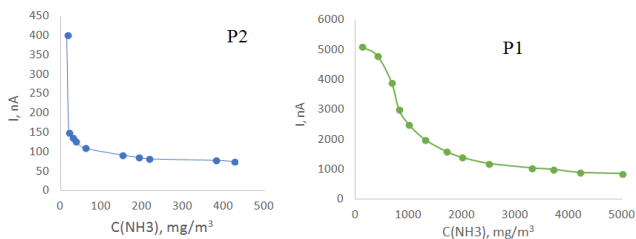


Рис. 1. Зависимости протекающего тока через пленки P1 и P2 от концентрации паров аммиака, при $U_{обp}=30В$

Предполагается, что при взаимодействии полимера с NH_3 молекулы аммиака поглощают протоны из ПАНИ, образуя энергетически выгодный аммоний (NH_4^+), в результате чего происходит ПАНИ депротонирование и проводимость снижается [1-3].

Литература

1. Synthesis and physicochemical properties of poly[2-(cyclohex-2-en-1-yl)aniline] as a new polyaniline derivative. Andriianova A.N., Sattarova A.F., Abdrakhmanov I.B., Mustafin A.G., Gribko D.E., Petrov I.S., Mullagaliev I., Salikhov R.B. *New Journal of Chemistry*. 2021. Т. 45. № 14. С. 6356-6366.
2. Thin films of polyanilines for detecting of ammonia vapors concentration. Salikhov R.B., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R. В книге: *Functional materials. Book of abstract*. 2021. С. 309.
3. Salikhov, R. B., Zilberg, R. A., Mullagaliev, I. N., Salikhov, T. R., & Teres, Y. B. (2022). Nanocomposite thin film structures based on polyarylenephthalide with SWCNT and graphene oxide fillers. *Mendeleev Communications*, 32(4), 520-522.

© Остальцова А.Д., Салихов Т.Р., 2022 г.

ОЦЕНКА АНАЛИЗА УСТАЛОСТНОГО ИСПЫТАНИЯ ДЕНТАЛЬНОГО ИМПЛАНТАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ БАЗИРОВАНИЯ

Капустин А.В.

Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия

В настоящее время в стоматологии стали широко применяться дентальные имплантаты, выполненные из биосовместимых материалов с целью повышения качества жизни, что требует надёжного функционирования и долговечности самих имплантатов. При проектировании, оптимизации и разработке новых имплантатов большую роль играет компьютерное моделирование, которое позволяет наиболее эффективно оценить дизайн имплантата в зависимости от используемых материалов и условий эксплуатации.

Цель исследований – оценка влияния локализации нагрузки и схемы компоновки на результаты усталостных испытаний полноценной модели дентального имплантата, с использованием наноструктурного и крупнозернистого титана с помощью конечно-элементного моделирования в среде ANSYS.

В исследовании применена модель имплантата Timplant s.r.o. с диаметром 2,4 мм, выполненная из наноструктурного и крупнозернистого титана. Численная оценка усталостных испытаний проводится согласно ГОСТ Р ИСО 14801-2012 с нагрузкой 75,6 Н.

Результаты исследования конечно-элементного моделирования по различным компоновкам таковы, что при различной вариации компоновки и локализации нагрузок на имплантат дают различные результаты в условиях циклической нагрузки. Варианты компоновки, не учитывающие реакцию опоры, дают нереалистично заниженную жизнеспособность имплантата, независимо от материала изготовления. Варианты компоновки схемы, где не учитываются наличие абатмента, показывают завышенные показатели надёжности функционирования имплантата в условиях заданной схемы нагружения. Компоновка «абатмент – имплантат – база» даёт наиболее корректные результаты. При моделировании наблюдается максимальная концентрация напряжений в области шейки имплантата, в области перехода «имплантат-база». Оценка показывает, что использование наноструктурного титана в качестве материала имплантата предпочтительно, так как при использовании крупнозернистого титана

максимальное главное напряжение и напряжение по фон Мизесу превышают предел прочности и предел текучести материала, соответственно.

Литература

1. Kapustin A.V., Enikeev N.A. Finite-element simulation of fatigue behavior of a medical implant produced from titanium in the large-grained and nanostructured states. *Frontier Materials & Technologies*. 2022; (3-1):85-95. (In Russ.) <https://doi.org/10.18323/2782-4039-2022-3-1-85-95>.

© Капустин А.В., 2022 г.

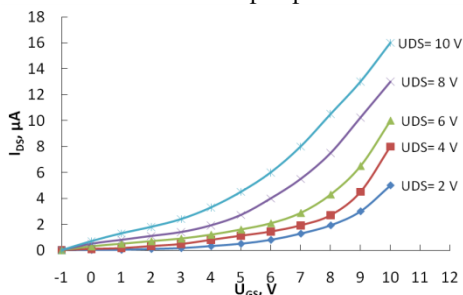
ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ФУЛЛЕРЕНА С ДОБАВКАМИ ФОСФИНА

Муллагалиев И.Н., Салихов Р.Б.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Для органической электроники синтезируются новые вещества и проверяются их электрофизические свойства. Вниманию уделяют вольтамперным характеристикам, проводимости тонких пленок и создают электронные тонкопленочные компоненты [1-3].

В данной работе исследованы тонкие пленки на основе производных фуллерена, с добавками этилена либо фосфина.



Рис/ 1. Семейство передаточных вольтамперных характеристик полевого транзистора

На основе вольтамперных характеристик были рассчитаны подвижности носителей заряда $\mu = 0.561$ см²/В·с. Данные значения на уровне зарубежных научных работ. Необходимы исследования ширины запрещенной зоны, а также на наличие сенсорных свойств.

Литература

1. I.Khuzin A.A., Tuktarov A.R., Khalilov L.M., Khuzina L.L., Dzhemilev U.M., Venidiktova O.V., Barachevsky V.A., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R., Salikhov R.B. // Photochemistry and Photobiology, 2021, 98(4), 815-822.
2. Tuktarov A.R., Chobanov N.M., Sadretdinova Z.R., Dzhemilev U.M., Salikhov R.B., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R. // Mendeleev Communications, 2021, v. 31, № 5, pp. 641-643.
3. Муллагалиев И.Н., Андриянова А.Н., Салихов Т.Р. // В сборнике: Актуальные вопросы современного материаловедения. Материалы VII Международной молодежной научно-практической школы-конференции. Уфа, 2020. с. 92-96.

© Муллагалиев И.Н., Салихов Р.Б., 2022 г.

ПРОИЗВОДНЫЕ ФУЛЛЕРЕНАС БИФЕНИЛОМ В ВИДЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ДЛЯ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Муллагалиев И.Н., Салихов Т.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Изготавливаются полимерные материалы для применения в органических тонкопленочных транзисторах и исследуются растворимые молекулы и сопряженные полимерные тонкие пленки [1-2].

В данной работе исследованы тонкие пленки на основе производных фуллерена, с добавками бифенил и азотных цепочек либо тиофен. Тонкие пленки (толщиной 150 нм) были нанесены мокрым методом в зазор между электродами сток-исток 50 мкм.

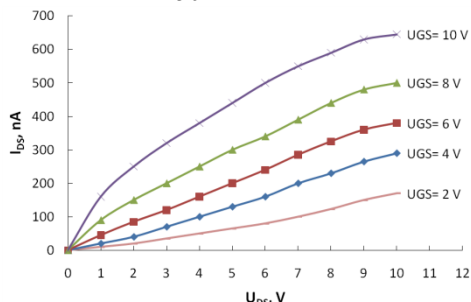


Рис. 1. Семейство выходных вольтамперных характеристик полевого транзистора

На основе вольтамперных характеристик были рассчитаны подвижности носителей заряда $\mu = 0,025 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, значения на уровне зарубежных работ [3]. Необходимы дополнительные исследования ширины запрещенной зоны.

Литература

1. Salikhov R.B., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R. // В книге: Functional materials. Book of abstract, 2021, p. 207.
2. Муллагалиев И.Н., Бадретдинов Б.Р., Салихов Р.Б. // В сборнике: Современные технологии композиционных материалов. Материалы VI Всероссийской научно-практической молодежной конференции с международным участием, Уфа, 2021, с. 123-126.
3. Tuktarov A.R., Chobanov N.M., Sadretdinova Z.R., Dzhemilev U.M., Salikhov R.B., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R. // Mendeleev Communications, 2021, v. 31, № 5, pp. 641-643.

© Муллагалиев И.Н., Салихов Т.Р., 2022 г.

ФОТОРЕЗИСТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ПОИАНИЛИНА ДЛЯ РАБОТЫ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Муллагалиев И.Н., Петров И.С., Салихов Р.Б.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Активно исследуются новые органические материалы для фотоэлектроники [1-3].

В данной работе исследованы производные полианилинов.

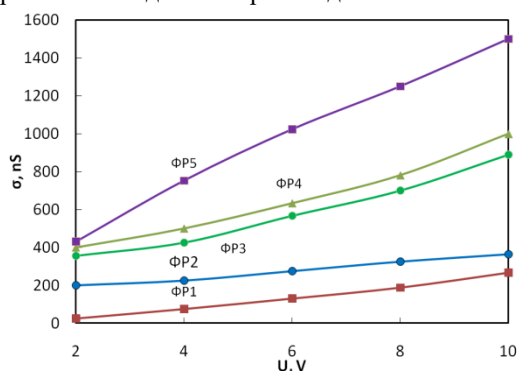


Рис. 1. Зависимость фотопроводимости от напряжения, подаваемые на фоторезисторы

Исследованы АСМ изображения поверхности пленок. Программой Gwyddion рассчитаны среднеквадратичные шероховатости пленок, диапазон значений от 2 до 20 нм. У образцов с большей шероховатостью больше ток, по сравнению с единичной шероховатостью. Производные хорошо реагируют на ультрафиолетовое облучение, показывая увеличение тока в 1000 раз, по сравнению с темновым током.

Литература

1. Salikhov R.B., Mustafin A.G., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R., Sharafullin I.F., Andriianova A.N., Latypova L.R. // *Materials*, 2022, v. 15, № 1.
2. Mullagaliev I.N., Andriianova A.N., Salikhov R.B. // В книге: *Functional materials. Book of abstract*, 2021, p. 206.
3. Mustafin A.G., Latypova L.R., Andriianova A.N., Salikhov S.M., Sattarova A.F., Abdrakhmanov I.B., Mullagaliev I.N., Salikhov R.B. // *Macromolecules*, 2020, v. 53, № 18, pp. 8050-8059.

© Муллагалиев И.Н., Петров И.С., Салихов Р.Б., 2022 г.

ФОТОТРАНЗИСТОРЫ НА ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ФУЛЛЕРЕНА C60 И СПИРОПИРАНА

Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

За последние несколько лет характеристики органических транзисторов улучшились, что сделало их реальными кандидатами для ряда приложений. Органические транзисторы могут найти применение в гибких дисплеях, ячейках памяти, газовых датчиках, недорогих RFID-метках [1,2] и т.д.

Нами были исследованы три вида структур, полученных разделным напылением фуллерена и спиропирана, механически смешанных и химически соединенных фуллерена и спиропирана.

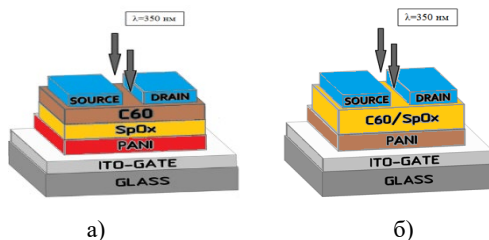


Рис. 1. а) Структура для раздельно нанесенных пленок, б) структура фототранзистора химически соединенных и механически смешанных фуллерена и спиропирана

Получены передаточные и выходные характеристики фототранзистора. Была проведена оценка подвижности носителей заряда, для структуры с активными слоями, нанесенными раздельно составляет $1,8 \mu\text{, cm}^2 \text{V}^{-1} \text{c}^{-1}$, для структуры с активным слоем, смешанным механически, вручную $19 \mu\text{, cm}^2 \text{V}^{-1} \text{c}^{-1}$ и для структуры с активным слоем на основе гибридной молекулы $2,3 \mu\text{, cm}^2 \text{V}^{-1} \text{c}^{-1}$.

Литература

1. Tuktarov A. R., Salikhov R. B., Khuzin A. A., Popod'ko N. R., Safargalin I. N., Mullagaliev I. N., Dzhemilev U. M., «Photocontrolled organic field effect transistors based on the fullerene C60 and spiroopyran hybrid molecule» RSC Advances., 2019, 9, 7505–750
2. Tuktarov A.R., Salikhov R.B., Khuzin A.A. Safargalin I.N., Mullagaliev I.N., Venidiktova O.V., Valova T.M., Barachevsky V.A., Dzhemilev U.M. «Optically controlled field effect transistors based on photochromic spiroopyran and fullerene C 60 films», Mendeleev Communications, 2019, 29, 160–162

© Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б., 2022 г.

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ НА СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПАНИ

Сафаргалин И.Н., Салихов Т.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время в различных сферах деятельности широко используются химические сенсоры и датчики влажности. На основе новых производных ПАНИ были изготовлены датчики с органическими и неорганическими сорбентами [1,2]. Нами были получены и исследованы резистивные сенсоры на основе тонких пленок производных полианилина (ПАНИ). Были измерены зависимости проводимости пленок ПАНИ и его производных от влажности воздуха, а также от времени релаксации (восстановления образцов).

Исследование морфологии поверхности пленок показало, что образцы 2 более чувствительны к изменению влажности воздуха, поскольку обладают более развитой мицеллярной поверхностью.

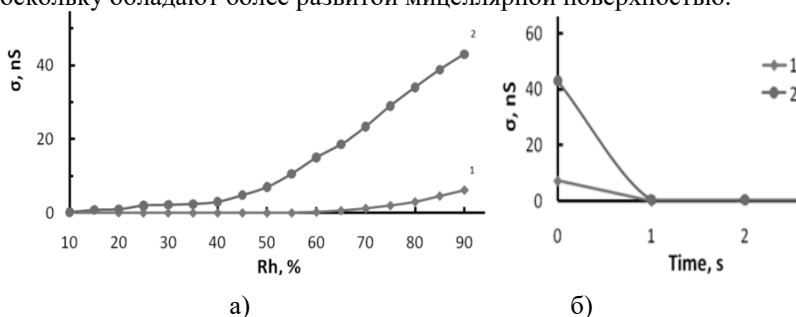


Рис. 1. Зависимости проводимости пленок от влажности воздуха (а), и времени восстановления образцов (б): 1 - полианилин, 2 – сополимер 2-(циклопент-2-ен-1-ил)анилина

Литература

1. Биглова Ю.Н., Салихов Р.Б., Сафаргалин И.Н., Салихов Т.Р., Мустафин А.Г. «Поли-2(1-циклопент-2-ен-1-ил) анилин: синтез и исследование электрофизических и физико-химических свойств» Физика твердого тела, 2019, том 61, вып. 11, 2249-2256
2. Salikhov R. B., Abdrakhmanov V. K., Safargalin I. N. Internet of Things (IoT) Security Alarms on ESP32-CAM //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 2096. – №. 1. – С. 012109.

© Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б., 2022 г.

GPS ТРЕКЕР НА ОСНОВЕ ARDUINO UNO

Абдрахманов В.Х., Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

GPS/GLONASS развивается благодаря российским и зарубежным мобильным операторам, поставщикам и вендорам оборудования, а также поставщикам сервисов. В состав GPS трекера входит: радиомодуль GNSS модуль, SIM700 модуль, микроконтроллер arduino uno, кабели, антенны и программатор. На основной плате установлены акселерометр и температурный датчик. Плата расширения в форм-факторе Arduino-shield содержит GNSS модуль. Достаточно лишь подключить плату к Arduino радиомодуль GNSS модуль, SIM700 модуль с рабочей SIM и загрузить код arduino uno превращается в GPS/GLONASS трекер.

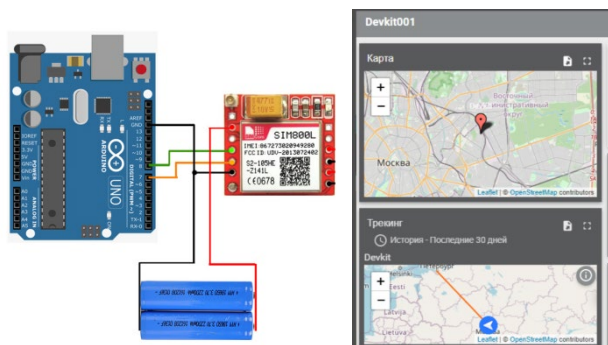


Рис. 1. GPS/GLONASS трекер

Литература

1. Salikhov R. B., Abdrakhmanov V. K., Safargalin I. N. Internet of Things (IoT) Security Alarms on ESP32-CAM //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 2096. – №. 1. – С. 012109.
2. Tuktarov A. R., Salikhov R. B., Khuzin A. A., Popod'ko N. R., Safargalin I. N., Mullagaliev I. N., Dzhemilev U. M., «Photocontrolled organic field effect transistors based on the fullerene C60 and spiropyran hybrid molecule» RSC Advances., 2019, 9, 7505–7508.

© Абдрахманов В.Х., Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б., 2022 г.

ГИБРИДНОЕ ГЕЛИКОИДАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ ДИОДНЫЙ ЭФФЕКТ В S/F/TI СТРУКТУРАХ

Карабасов Т.¹, Бобкова И.В.², Голубов А.А.³, Васенко А.С.¹

¹НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

²Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка, Россия

³Faculty of Science and Technology and MESA Institute for Nanotechnology,
University of Twente, Enschede, The Netherlands

Хорошо известно, что основным состоянием однородных сверхпроводящих систем со спин-орбитальным взаимодействием в присутствии зеемановского поля является так называемое геликоидальное состояние, характеризующееся фазовой модуляцией параметра порядка, но нулевой плотностью сверхтока. В этой работе мы исследуем реализацию геликоидального состояния в гибридной структуре с пространственно-разделенными сверхпроводимостью и обменным полем, рассматривая бислою сверхпроводник/ферромагнетик (S/F) на поверхности трехмерного топологического изолятора. Такая система характеризуется сильной сцепкой между направлением импульса и направлением спина электрона, и следовательно, обеспечивает наиболее благоприятные условия для генерации геликоидального состояния. Анализ основан на микроскопической теории в терминах квазиклассических функций Грина. В результате показано, что в бислое геликоидальное состояние сохраняется, если обменное поле имеет ненулевую компоненту, перпендикулярную S/F границе, даже несмотря на то, что сверхпроводящий параметр порядка и обменное поле пространственно-разделены. В то же время в этой пространственно-неоднородной ситуации геликоидальному состоянию сопутствуют спонтанные токи, распределенные по бислою таким образом, что суммарный ток обращается в нуль. В работе показано, что это гибридное геликоидальное состояние порождает невзаимность критических токов в направлении вдоль интерфейса. Мы демонстрируем реализацию невзаимности критических токов в виде сверхпроводящего диодного эффекта и исследуем его зависимость от различных параметров системы.

Работа поддержана Научным фондом НИУ ВШЭ, проект "Зеркальные лаборатории".

Литература

1. T. Karabassov, I. V. Bobkova, A. A. Golubov and A. S. Vasenko. Hybrid helical state and superconducting diode effect in S/F/TI heterostructures // 2022, arxiv preprint: <https://arxiv.org/abs/2203.15608>.

© Карабасов Т., Бобкова И. В., Голубов А. А., Васенко А. С. 2022 г.

СИСТЕМА ОБЩЕСТВЕННОЙ ПАРКОВКИ НА БАЗЕ IOT

Ильясов Д.А., Худояров М.Р., Абдрахманов В.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящий момент все наблюдаемые формы коммуникаций сводятся либо к схеме человек-человек, либо человек-устройство. Но Интернет Вещей (IoT) предлагает нам колоссальное Интернет-будущее, в котором появятся коммуникации типа машина-машина (M2M). Это дает возможность для объединения всех коммуникаций в общую инфраструктуру, позволяя не только управлять всем, что находится вокруг нас, но и предоставляя информацию о состоянии этих вещей. Интернет вещей связывает объекты и расширяет использование данных, обеспечивая повышение производительности и видоизменяя отрасли [1-2].

Увеличившийся за последние годы автопарк и ограничения улично-дорожной сети способствовали тому, что проблема парковок в крупных городах России резко обострилась. Особенно это касается парковочных мест в исторических и деловых центрах, где они в буквальном смысле слова на вес золота. Поэтому внедрение закрытых, умных парковок сегодня набирает все большую популярность и становится насущной необходимостью для различных организаций, предприятий, многоквартирных жилых домов.

Рынок умных парковок представляет различные решения, рассмотрим некоторые из них.

Системы, предоставляемые компанией ICBCOM, представляют собой специализированное место для парковки автомобилей, созданное с использованием датчиков и современных технологий для быстрого и удобного поиска парковочных мест, обеспечения безопасности и автоматизации процесса постановки автомобиля на стоянку и работает на системе связи LoRaWAN.

Лидером на мировом рынке умных парковок является нидерландская компания Nedap, предлагающая своим клиентам получить легкий доступ на парковку, используя считыватели RFID дальнего радиуса действия (Nedap TRANSIT и Nedap uPASS) или считыватели ANPR. Автомобиль и, возможно, его водитель идентифицируются автоматически, и клиенты получают доступ без задержек. Пользователи могут выбрать немедленное выставление счета или предложить услугу ежемесячного выставления счета.

Наш же проект построен вокруг облачного сервера Rightech.и телеграм-бота с ним соединенного. Rightech IoT Cloud — фреймворк-

инструмент для разработчиков. RIC не зависит от конкретного оборудования и протоколов. Поэтому легко объединять разные устройства под одним решением.

Благодаря инструментам платформы разработчики создают IoT-решения без лишнего кода. А потом переиспользуют 90% этого решения и запускают аналогичные кейсы[3]. Датчик присутствия автомобиля включает в себя микроконтроллер STM32 NUCLEO, Wi-Fi модуль ESP201 и дальномер HC-SR04. Умный шлагбаум на въезде на парковку, разработанный Мухаммадом, определяет приближающиеся машины и отправляет уведомления сторожу, который уже решает, впускать ли их. Находящиеся же на парковочных местах датчики присутствия автомобилей пересылают данные о занятости парковочного места на облачный сервер Rightech, где происходит их хранение, обработка и отправка(рис.1) уведомлений о занятости места в телеграм-бот. Таким образом, посетители общественной парковки тратят меньше времени на поиск места, что также уменьшает и их чувство стресса и тревоги от долгих поисков. В будущем планируется также добавить карту, отображающую состояние занятости каждого парковочного места.

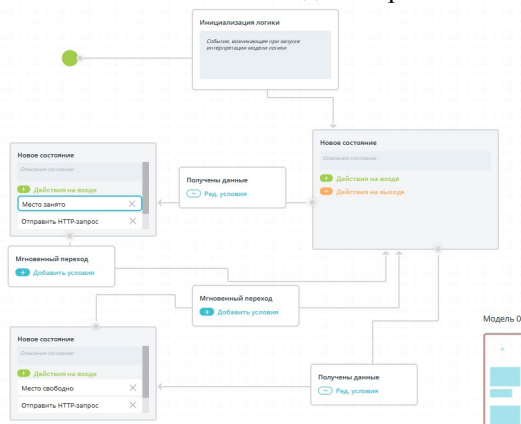


Рис. 1. Логика работы облачного сервиса Rightech

Литература

1. Salikhov R. B., Abdrakhmanov V. K., Yumalin T. T. Experience of Using Bluetooth Low Energy to Develop a Sensor Data Exchange System Based on the NRF52832 Microcontroller //2021 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). – IEEE, 2021. – С. 229-233.
2. Salikhov R. B., Abdrakhmanov V. K., Safargalin I. N. Internet of Things (IoT) Security Alarms on ESP32-CAM //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 2096. – №. 1. – С. 012109
3. Rightech IoT Cloud <https://rightech.io/>

© Ильясов Д.А., Худояров М.Р., Абдрахманов В.Х., 2022 г.

**СТИМУЛИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ТРАНСПОРТ В
ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОАКТИВНОГО
ПРОВОДЯЩЕГО ПОЛИМЕРА**

К.Ю. Арутюнов^{1,2}, А.С. Гурский¹, В.В. Артемов³, А.Л. Васильев^{3,4},
А.Р. Юсупов⁵, Д.Д. Карамов⁶, А.Н. Лачинов^{5,6}

¹Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

²Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, г. Москва, Россия

³Федеральный научно-исследовательский центр
«Кристаллография и фотоника», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

⁵Башкирский государственный педагогический университет,
г. Уфа, Россия

⁶Институт физики молекул и кристаллов РАН, г. Уфа, Россия

Полидифениленфталид (ПДФ) относится к классу органических диэлектриков, которые при приложении внешнего электростатического поля и/или механического напряжения проявляют электропроводящие свойства. Отличные эксплуатационные свойства, а также чувствительность электрических и оптических свойств к внешним воздействиям (температура, давление, различные виды излучения, электрические и магнитные поля и др.) делают ПДФ перспективным материалом для применений в устройствах органической электроники [2].

В настоящей работе экспериментально исследовались транспортные характеристики тонкопленочных слоистых структур свинец – ПДФ – свинец (Рис. 1а) в широком температурном диапазоне. При достаточно высоких температурах вольт-амперные зависимости удовлетворительно описываются в рамках инжекционной модели токов, ограниченных объемным зарядом [2]. При температурах ниже ~ 7,5 К в ряде образцов наблюдаются особенности (Рис.1б), свидетельствующие о наличии бездиссипативного (сверхпроводящего) состояния. Исследования срезов гетероструктур методом просвечивающей электронной микроскопии не выявило присутствия в толще полимера множественных микроскопических дендритов, тривиальным образом закорачивающих металлические электроды. Зависимости Рис.1б могут быть объяснены эффектом наведенной сверхпроводимости в тонкой пленке проводящего

полимера, заключенного между двумя массивными сверхпроводниками (свинец).

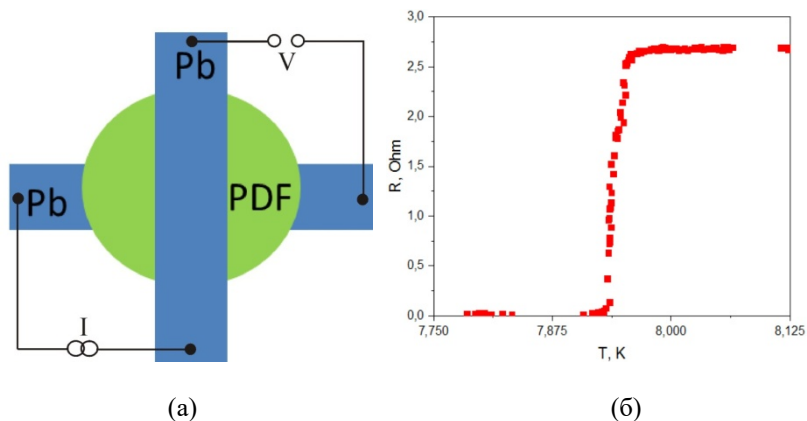


Рис. 1. (а) Схематическое изображение гетероструктуры и конфигурации контактов. (б) Зависимость сопротивления от температуры $R(T)$ для сэндвича Pb-PDF-Pb-0,2-GLASS с толщиной полимера порядка 300 нм

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта «Зеркальные лаборатории» НИУ ВШЭ и БГПУ им М. Акмуллы.

Литература

1. А. Н. Лачинов, В.М. Корнилов, Т.Г. Загуренко, А.Ю. Жеребов // ЖЭТФ 129(4), 728 (2006).
2. А. Н. Лачинов, Н. В. Воробьева // УФН 176(12), 1249 (2006).

© К.Ю. Арутюнов, А.С. Гурский, В.В. Артемов, А.Л. Васильев, А.Р. Юсупов, Д.Д. Карамов, А.Н. Лачинов, 2022 г.

ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА ПОСЛЕ УФ ОБРАБОТКИ

Панова Н.А., Лабуда В.О., Юсупов А.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Разрыв С-О связи при УФ облучении растворов полидифениленфталида приводит к изменению электронных свойств мономера. В частности, к изменению дипольного момента величина которого составляет ~6Д. Механизм изменения дипольного момента может быть использован, при получении тонких пленок с заданными свойствами в процессе формовки. Так, например, аналогичный эффект изменения дипольного момента молекулы, наблюдается при обработке ПММА ультрафиолетовым облучением. Интерес к возможному изменению дипольного момента вызван вкладом бокового фрагмента ПДФ в уникальные эффекты, наблюдаемые на границы раздела полимер/полимер [1]. В работе [1] было показано, что облучение границы раздела длиной волны 405 нм приводит к росту протекающего тока.

Основной целью данной работы является изучение оптических свойств пленок полиариленифталидов после УФ (185 нм) обработки в процессе изготовления экспериментальных структур. В качестве метода формирования тонких пленок ПДФ использовался метод центрифугирования.

УФ обработка образца проводилась в следующей последовательности: 1. облучение УФ при комнатной температуре; 2. облучение УФ при температуре 50°C; 3. облучение УФ при температуре 100°C; 2. облучение УФ при температуре 150°C.

Для сравнения оптических свойств полученных структур проводили измерения спектров поглощения тонких пленок на спектрофотометре Shimadzu UV – 1800.

Анализ полученных результатов будет предоставлен в итоговом докладе на данную тему.

Литература

1. Юсупов А.Р., Лачинов А.Н., Гадиев Р.М., Рахматова Л.И., Калимуллина Л.Р., Байбулова Г.Ш. //Физика твердого тела. – 2020. – Т. 62. – №. 7. – С. 1111-1115.

© Панова Н.А., Лабуда В.О., Юсупов А.Р. 2022 г.

**ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР НА КОНТАКТЕ
КВАЗИДВУМЕРНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА И МЕТАЛЛА**

Давлятгареев Х.И., Лачинов А.Н.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В современной электронике широко используются полевые транзисторы, в которых управление транспортом носителей заряда осуществляется в специально сформированной между истоком и стоком области двумерного электронного газа. Однако до сих пор является актуальной проблема контакта трехмерной области металлического контакта и двумерной области электронного газа. В связи с этим в настоящем докладе представлены результаты исследования транспорта носителей заряда в области контакта трехмерный металл/квазидвумерный электронный газ 3М/КДЭГ. Область КДЭГ была сформирована вдоль границы раздела двух субмикронных пленок органического диэлектрика. Ранее было установлено [1], что такая область обладает всеми признаками КДЭГ.

Двумерная область формировалась путем последовательного нанесения полимерных пленок друг на друга. В качестве полимера был использован полидифениленфталид. Пленки наносились центрифугированием 5% раствора полимера в циклогексаноне на поверхность стеклянной пластины. Медные электроды были изготовлены методом термодиффузионного осаждения в вакууме через теньевые маски. Всего было исследовано 9 образцов. Все образцы показали близкие результаты. В работе измерялись вольт-амперные характеристики (ВАХ) при комнатной температуре. Электронные параметры системы оценивались в рамках модели инжекционных токов ограниченных объемным зарядом и модели потенциального барьера Шоттки.

Было установлено, что усредненные по 9-ти образцам значения проводимости составляют $\sim 2,03 \cdot 10^{-10}$ См, подвижностей носителей заряда $\sim 8,6$ см²/Вс, а концентрация носителей заряда $\sim 21,6$ см⁻³. Очевидно, что эти значения многократно превышают соответствующие значения для объема полимерного материала. Оценка потенциального барьера на контакте 3М/КДЭГ дала значение $\sim 0,42$ эВ.

Анализ полученных результатов показал, что потенциальный барьер на контакте 3М/КДЭГ имеет сложную структуру и состоит по меньшей мере из двух областей инжекции носителей заряда в двумерную область: первая - непосредственно с края трехмерного электрода, вторая - из плоской части электрода в двумерную область [2]. В связи с этим,

дополнительно был выполнен эксперимент по изучению инжекции носителей заряда в КДЭГ из-под плоского трехмерного металлического электрода. Было установлено, что в этом случае соотношение между потенциальными барьерами составляет для плоской части контакта $\sim 0,3$ эВ суммарный барьер $\sim 0,42$ эВ. Проведенный анализ полученных результатов позволил выделить каждую из составных частей сложного контакта. В частности, потенциальный барьер на плоской границе 3М/КДЭГ $\sim 0,3$ эВ; на границе инжекционный край 3М/КДЭГ $\sim 0,12$ эВ.

В докладе обсуждаются перспективы совершенствования контактов 3М/КДЭГ в полевых транзисторах на примере использованного в данной работе подхода.

Работа выполнена при поддержке проекта «Зеркальные лаборатории ВШЭ».

Литература

1. Лачинов А.Н., Корнилов, В.М. ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ИНТЕРФЕЙСНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СТРУКТУР: монография [Текст]. – Воронеж: Изд-во АртПринт, 2021. – 349с.
2. Yue Zheng, Jing Gao, Cheng Han and Wei Chen (2021) Ohmic Contact Engineering for Two-Dimensional Materials

© Давлятгареев Х.И., Лачинов А.Н., 2022 г.

ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПММА ДОПИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫМИ ФТАЛИДА

Айдагулов А.А.¹, Карамов Д.Д.^{1,2}¹БГПУ им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия²Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Среди полимерных материалов в качестве жёсткой матрицы для наноэлектроники и электрооптики наибольшее применение нашёл полиметилметакрилат (ПММА). В работе представлено исследование оптических свойств тонких пленок полиметилметакрилата допированных органическими молекулами производных фталида – фенолфталеином (ФФ) и 3-бензилиденфталидом (БФ). Полимерные пленки были изготовлены методом центрифугирования из раствора полимера. Концентрация допанта составляла 1вес. % от массы ПММА.

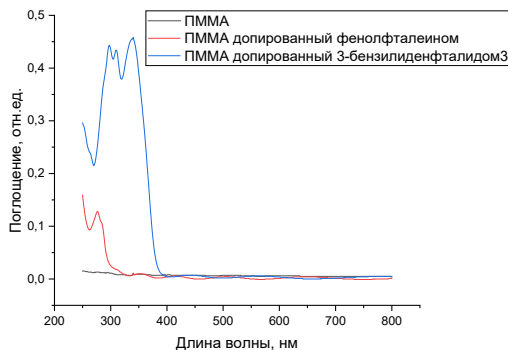


Рис.1. Спектры поглощения полимерных пленок

Спектры поглощения полимерных пленок измерены с помощью спектрофотометра Shimadzu UV-1800(рис.1). Диапазон длин волн спектра от 220 до 800 нм. Выше 450 нм все образцы оптически прозрачны. Наличие незначительного количества низкомолекулярного органического допанта существенным образом отражается на спектрах. В случае пленок допированных ФФ наблюдаются два характерных пика 230 нм и 279 нм. В пленках допированных БФ два наиболее ярких близкорасположенных пика – 300 нм и 343 нм. Известно, что поглощение в данной области связано с наличием в органических молекулах сопряженных кратных связей или (и) гетероатомов с неподеленными парами электронов по соседству с ненасыщенными фрагментами. Также, конвертационном методом, был определен показатель преломления и проведена оценка толщины пленок и оптическая ширина запрещенной зоны.

© Айдагулов А.А., Карамов Д.Д., 2022 г.

ПОЛЕВЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ТРАНЗИСТОРЫ – ОСНОВА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СЕНСОРОВ

Яхин А.Р., Лачинов А.Н.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Базовый элемент органической электроники, так же, как и твердотельной электроники – транзистор, который можно использовать для управления, обработки электрического сигнала и для преобразования внешних воздействий различной природы в электрический сигнал, то есть в качестве датчика. Управление транспортом носителей заряда осуществляется с помощью полевого эффекта, в специально сформированной между истоком и стоком области двумерного электронного газа. Главное преимущество полевого транзистора высокое входное сопротивление. Входное сопротивление это отношения тока к напряжению затвор-исток. Принцип действия лежит в управлении с помощью электрического поля, а оно образуется при приложении напряжения. То есть полевые транзисторы управляются напряжением. В связи с этим в настоящем докладе представлены результаты исследования транзиторного эффекта и транспорта носителей заряда в области контакта полимер/полимер.

На рис.1. представлены типичные результаты измерения вольт-амперных характеристик (ВАХ). В ходе исследования была создана структура полимер/полимер. В качестве полимера был использован полидифениленфталид, в качестве затвора выступал слой ИТО (оксид индия олова). В работе измерялись вольт-амперные характеристики (ВАХ) при комнатной температуре, для определения электрофизических параметров проводимости была использована инжекционная модель. Всего было исследовано 4 образца. В ходе расчетов, усредненных по 4-ем образцам, были зафиксированы значения концентрации, подвижности основных носителей заряда, которыми судя по ВАХ, являются электроны. Концентрация носителей заряда $n_0 \sim 9,8 * 10^{14} \text{ см}^{-3}$. Подвижность носителей заряда $\mu \sim 11,05 \text{ см}^2/\text{В} * \text{с}$. Анализ полученных результатов показал, что при нулевом напряжении на затворе, изменение напряжения сток-исток приводит к незначительному изменению тока. При подаче на затвор напряжения положительной полярности, происходит увеличение тока сток-исток на 3 порядка. За счет обратного напряжения можно управлять транспортом носителей заряда.

В докладе обсуждаются перспективы и преимущества органических полевых транзисторов перед твердотельными. Кроме этого, существует

принципиальная возможность использования границы раздела двух диэлектрических полимерных пленок в качестве транспортного канала органического полевого транзистора и чувствительного элемента химического сенсора.

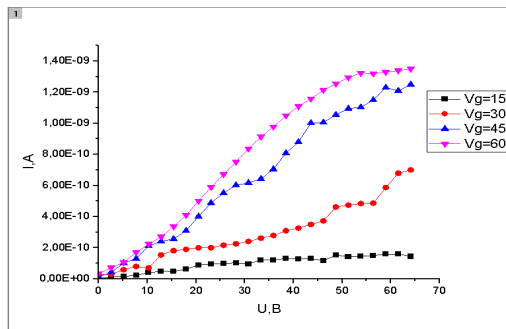


Рис. 1. ВАХ образца №1, при подаче напряжения на затвор

Работа выполнена при поддержке проекта «Зеркальные лаборатории ВШЭ».

Литература

1. Лачинов А.Н., Корнилов, В.М. ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ИНТЕРФЕЙСНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СТРУКТУР: монография [Текст]. – Воронеж: Изд-во АртПринт, 2021. – 349с.

© Яхин А.Р., Лачинов А.Н., 2022 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПММА МЕТОДАМИ ВОЛЬТ-ФАРАДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Галлямов В.А., Лачинов А.Н.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В докладе рассмотрен метод вольт-фарадных характеристик (ВФХ) и его практическое использование для исследования экспериментальных структур металл-полимер-полупроводник (МПП). В основе методов ВФХ заложена простая идея измерения емкости исследуемой структуры в зависимости от приложенного к ней напряжения. Особенностью данного метода является наличие двух электрических сигналов, которые воздействуют на МПП структуру. Первый сигнал обеспечивает напряжение смещения на образце, которое при каждом изменении емкости поддерживается постоянным. Вторым сигналом является переменное напряжение малой амплитуды, который обеспечивает измерение емкости.

ВФХ методы позволяют определять время жизни неравновесных носителей заряда, концентрацию допирующей примеси, энергетическое положение глубоких уровней в полимере, плотность поверхностных состояний и их распределение по энергиям. В основе методов ВФХ лежит электронная теория приповерхностной области пространственного заряда и дифференциальной поверхностной емкости.

В лабораториях Института физики, математики, цифровых и нанотехнологий БГПУ им. М. Акмуллы ведутся активные исследования вольт-фарадных характеристик МПП структур, в которых роль полимера играют различные несопряженные полимеры. Кроме того, для удобства проведения измерений была проведена частичная автоматизация данного процесса. Измерения диэлектрических характеристик были проведены при помощи измерителя иммитанса RLC E7-20, причем к анализируемой структуре прикладывалось переменное поле малой величины различной частоты. Напряжение смещения изменялось в интервале от -40 до 40В с шагом 0,02В. Частота измерительного напряжения изменялась от 25Гц до 1МГц, а его величина от 40мВ до 1В. Для подключения к компьютеру и дистанционного управления процессом измерений была проведена работа по автоматизации измерительной установки

В докладе представлены результаты измерений вольт-фарадных характеристик структуры ИТО/ПММА+допант/Al (Рис.1) со смещением напряжения от -15 до +15В и с шагом 0,5. В качестве допанта использовались 3-бензилиденфталид (БФ) и фенолфталеин (ФФ).

Измерения ВФХ выполнялись при напряжении $U=1V$ и частоте $1MГц$. Результаты измерений показали, что при отрицательном напряжении достигается максимальная емкость вблизи границы раздела полимер-индий. Отмечается, что у тонких пленок ПММА и ПММА+БФ напряжение плоской полосы было смещено в отрицательном направлении, это показывает наличие положительных зарядов. В ПММА+ФФ напряжение плоской полосы было смещено в обратном направлении, что свидетельствует о наличии отрицательных зарядов. Для пленок ПММА и ПММА, допированных фенолфталеином сдвиг составил $5B$, для структуры ПММА/БФ – $2,5B$. Диэлектрические проницаемости ϵ составили: $\epsilon_{ПММА}=3,57$; $\epsilon_{ПММА+БФ}=4,8$; $\epsilon_{ПММА+ФФ}=8,79$. Эти результаты означают, что при допировании происходит увеличение диэлектрической проницаемости.

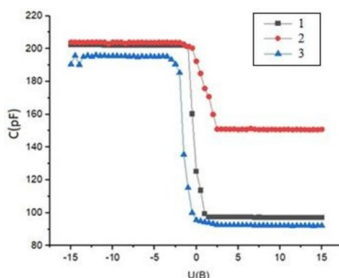


Рис.1. Вольт-фарадная характеристика структуры ИТО/ПММА/Al: 1) ПММА+БФ, 2) ПММА+ФФ, 3) ПММА

Исследования ВФХ позволили оценить высоту потенциального барьера на границе раздела металл/полимер. Важно было создать условия, при которых отсутствовали процессы реполяризации и различные пробойные эффекты в полимерной пленке. В докладе приведены результаты оценки величины потенциального барьера структуры ИТО/ПММА+допант/Al по методу отсечки по графику $1/C^2$, полученному при частоте $1MГц$ и напряжения смещения от -15 до $15B$. Были исследованы пленки чистых ПММА, и допированных БФ и ФФ. Измерения показали, что потенциальный барьер для всех образцов имеет примерно одинаковые значения (около $0,5V$). Возможно, это связано с тем, что ширина запрещенной зоны полиметилметакрилата равна $5эВ$, а у ИТО – $4эВ$. В работе осуждаются перспективы применения метода вольт-фарадных характеристик для полимерных пленок находящихся в препреходной области электронного фазового перехода типа диэлектрик/металл.

Работа выполнена при поддержке проекта «Зеркальные лаборатории ВШЭ».

© Галлямов В.А., Лачинов А.Н., 2022 г.

УДК 539.2

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.90

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛ Р-КУМАРОВОЙ КИСЛОТЫ

Поглазов К.Ю., Юсупова Р.М., Таюпов М.М.

Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Пара-Кумаровая кислота — оксикоричная кислота, органическое гидроксильное производное коричной кислоты. Существует три изомера кумаровой кислоты: *o* (орто)-кумаровая кислота, *m* (мета)-кумаровая кислота и *p* (пара)-кумаровая кислота, отличающиеся положением гидроксила на фенильной группе. Она встречается в ряде съедобных растений, включая такие как арахис, помидоры, морковь, базилик и чеснок. Фасоль флотская является самым богатым источником этой кислоты среди обычных сортов фасоли [1]. Так же существует информация, что это вещество может вместе с пыльцой растений попадать в мёд [2].

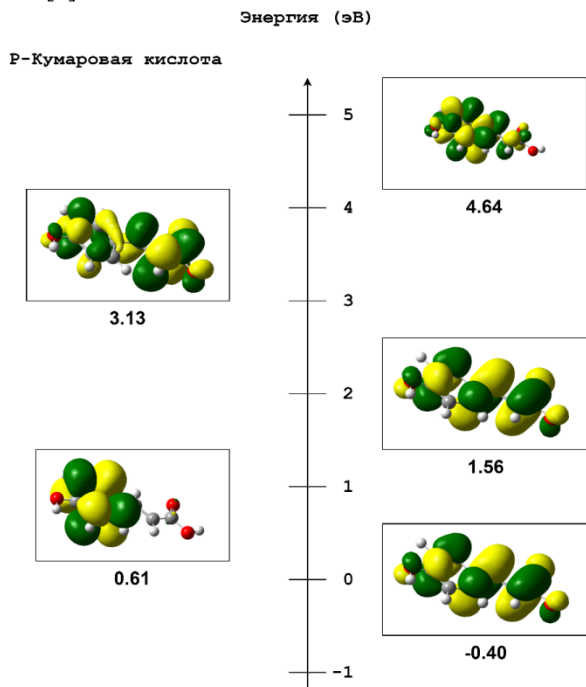


Рис.1: Схематическое изображение энергии первых пяти вакантных МО π -типа для молекул *p*-кумаровой кислот по данным расчёта методом B3LYP/6-31G(d) и масштабирования

Как нами было показано ранее [2, 3], с помощью методов спектроскопии диссоциативного захвата электронов и теории функционала плотности можно делать предварительные выводы о возможной связи между электрон-акцепторными свойствами таких соединений и их биологической активностью.

Работа выполнена в рамках гранта в форме субсидий в области науки из бюджета Республики Башкортостан для государственной поддержки молодых ученых – аспирантов и кандидатов наук (НОЦ-ГМУ-2021).

Литература

1. Luthria D. L., Pastor-Corrales M. A. Phenolic acids content of fifteen dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties //Journal of food composition and analysis. – 2006. – Т. 19. – №. 2-3. – С. 205-211.
2. Mao W., Schuler M. A., Berenbaum M. R. Honey constituents up-regulate detoxification and immunity genes in the western honey bee *Apis mellifera* //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2013. – Т. 110. – №. 22. – С. 8842-8846.
3. Таюпов М.М., Рахмеев Р.Г., Маркова А.В., Сафронов А.М., Методы спектроскопии диссоциативного захвата электронов и теории функционала плотности для моделирования биологической активности производных хиноксалина, Математическая физика и компьютерное моделирование, Том 24, № 2, 2021, с. 54-67.
4. Таюпов М.М., Сафронов А.М., Маркова А.В., Поглазов К.Ю., Диссоциативный захват электронов как инструмент моделирования механизма токсичности пентахлорофенола, Сборник тезисов XV Международной Школы молодых учёных «Физика окружающей среды» им. А.Г. Колесника, 2022 г., г. Томск, С. 52-55.

© Поглазов К.Ю.,
Юсупова Р.М., Таюпов М.М., 2022 г.

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛ КСЕНОБИОТИКОВ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ РЕЗОНАНСНОГО ЗАХВАТА ЭЛЕКТРОНОВ

Таюпов М.М., Маркова А.В., Юсупова Р.М.

Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Ксенобиотики (от греч. ξένος — чуждый и βίος — жизнь) — условная категория для обозначения чужеродных для живых организмов химических веществ, естественно не входящих в биотический круговорот. Как правило, повышение концентрации ксенобиотиков в окружающей среде прямо или косвенно связано с хозяйственной деятельностью человека. К ним в ряде случаев относят: пестициды, некоторые моющие средства (детергенты), радионуклиды, синтетические красители, полиароматические углеводороды и другие. Попадая в окружающую природную среду, они могут вызвать повышение частоты аллергических реакций, гибель организмов, изменить наследственные признаки, снизить иммунитет, нарушить обмен веществ, нарушить ход процессов в естественных экосистемах вплоть до уровня биосферы в целом.

В ходе представленной работы, были получены новые экспериментальные результаты фундаментального характера, связанные с определением энергии и типов резонансных состояний отрицательных ионов для молекул следующих ксенобиотиков: 2-метилхиноксалин, 2,3-диметилхиноксалин [1], 4,7-дигидроксикумарин, 6,7-дигидроксикумарин [2], бензофуран-3(2H)-он, бензофуран-2(3H)-он [3], кумарин-3-карбоновая кислота [4], 5,6-метилендиокси-1-инданон, 2,4,6-трихлорфенол, пентахлорфенол.

Была количественно оценена величина ЕА для молекул с использованием разности полных энергий нейтральной молекулы и анион-радикала, полученных методом V3LYP/6-31+G(d), т.е. в базе с минимальными добавлением диффузных функций. Определены наиболее вероятные структуры осколочных ионов, а так же механизмы их образования с учетом процессов диссоциации и перегруппировки атомов. На основе полученных результатов и также литературных данных по эффектам указанных соединений в клетках живых организмов, сделаны выводы о возможной связи между электрон-акцепторными свойствами таких соединений и их биологической активностью. Выводы данной работы основаны на предположении о возможности захвата квазисвободных электронов молекулами ксенобиотиков в клеточной

среде, что может происходить вблизи цепи переноса электронов в митохондриях или в активных центрах ферментов системы цитохрома P450. Предполагается, что исследования резонансного захвата электронов в газовой фазе могут служить моделью электронных процессов в клетках.

Работа выполнена в рамках гранта в форме субсидий в области науки из бюджета Республики Башкортостан для государственной поддержки молодых ученых – аспирантов и кандидатов наук (НОЦ-ГМУ-2021).

Литература

1. Таюпов М.М., Рахмеев Р.Г., Маркова А.В., Сафронов А.М., Методы спектроскопии диссоциативного захвата электронов и теории функционала плотности для моделирования биологической активности производных хиноксалина, Математическая физика и компьютерное моделирование, Том 24, № 2, 2021, с. 54-67.
2. Таюпов М. М., Рахмеев Р. Г., Асфандияров Н. Л., Пшеничнюк С. А., Определение сродства к электрону на основе экспериментально измеренных времен жизни отрицательных молекулярных ионов производных кумарина, Математическая физика и компьютерное моделирование, Том 23, № 3, 2021, с. 45-59.
3. Таюпов М.М., Маркова А.В., Сафронов А.М., Галеев Р.В., Определение примесных мод в спектрах диссоциативного захвата электронов молекулами бензофуран-3(2H)-она и бензофуран-2(3H)-она, Математическая физика и компьютерное моделирование, Том 25, № 2, 2022, с. 49-59.
4. Маркова А.В., Галеев Р.В., Исследование вакантных электронных состояний молекул кумарин-3-карбоновой кислоты // Вестник БГПУ им. М. Акмуллы, № 1(62), Специальный выпуск Том 1, 2022, С. 142-145.

© Таюпов М.М.,
Маркова А.В., Юсупова Р.М., 2022 г.

ДИССОЦИАТИВНЫЙ ЗАХВАТ МОЛЕКУЛ ЭТИЛ МАЛЬТОЛА

Поглазов К.Ю., Маркова А.В., Рахмеев Р.Г., Галиев Р.В.

Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

Методом масс-спектрометрии отрицательных ионов резонансного захвата медленных (0-15 эВ) электронов исследованы углеродосодержащие молекулы, включая этил мальтол. Данное соединение используется в качестве пищевой добавки (Е637) и применяется, как правило, в целях усиления вкусоароматических свойств сладких продовольственных изделий, кондитерских товаров, а также целого ряда молочных и кисломолочных продуктов и мороженого.

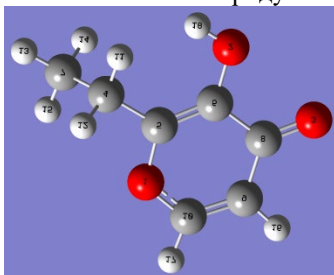


Рис. 1 – Молекула этил мальтола

Измерения проводились при температуре ячейки столкновений равной 40°C. Анализ каналов распада отрицательных молекулярных ионов на стабильные фрагменты, проведенный с использованием квантово-химических расчетов методами теории функционала плотности, позволил определить наиболее вероятные структуры осколочных ионов и соответствующих им нейтральных фрагментов. Наиболее интенсивными в спектрах являются отрицательные ионы М-О и М-О₂ (рисунок 1).

Методом САМ-В3LYP/6-311+G(d) проведены теоретические оценки величины сродства молекулы этил мальтола к электрону как разности полных энергий нейтральной молекулы и анион радикала. Сделаны выводы об использовании результатов данной работы в междисциплинарных исследованиях.

Литература

1. Таюпов М. М. и др. Методы спектроскопии диссоциативного захвата электронов и теории функционала плотности для моделирования биологической активности производных хиноксалина // Математическая физика и компьютерное моделирование. – 2021. – Т. 24. – №. 2. – С. 54-67.

© Поглазов К.Ю., Маркова А.В., Рахмеев Р.Г., Галиев Р.В., 2022 г.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СОПОЛИАРИЛЕНЭФИРКЕТОНОВКалимуллина Л.Р.¹, Сафарова Г.В.¹, Тляпкулова Г.Ф.¹, Лачинов А.Н.^{1,2}¹Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия²Институт физики молекул и кристаллов уфиц ран, г. Уфа, Россия

Полиариленфталиды в последние годы привлекают все большее внимание своими необычными электрическими свойствами. Наиболее подробно исследованы эти необычные свойства для полидифениленфталида [1]. Показано также, что на такие необычные свойства можно влиять путем синтеза полиариленфталидов различного химического строения и различных классов. Так в институте элементоорганических соединений РАН синтезированы две группы сополимеров: сополимеры фталидсодержащих полиариленэфиркетон и сополимеры флуоренсодержащих полиариленэфиркетон, при этом были получены в основном статистические сополиариленэфиркетон (СОПАЭК). Также для изучения влияния тех или иных звеньев, входящих в сополимеры, были синтезированы гомополимеры. Целью данной работы явилось квантово-химическое моделирование гомополимеров, входящих в состав фталидсодержащих и флуоренсодержащих полиариленэфиркетон.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ проект № 22-19-00535.

Литература

1. Лачинов, А.Н., Воробьева, Н.В. // Успехи физических наук, 2006, Т. 176, № 12, pp. 1249–1266.

© Калимуллина Л.Р., Сафарова Г.В.,
Тляпкулова Г.Ф., Лачинов А.Н., 2022 г.

**ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПЛЕНОК С
ПРИМЕНЕНИЕМ ВИБРАЦИОННОГО ПОЛИВА В
КОНТРОЛИРУЕМОЙ АТМОСФЕРЕ**

Поздняков А.Д., Каримов В.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Управление морфологией объема и поверхности тонких пленок является одним из методов направленного изменения их свойств. Плотность поверхностных состояний, зависящая от дефектности структуры поверхности, обладает решающим значением для величины барьера в контактной области металл/полимер. Примером изменения морфологии и свойств поверхностных слоев полимерных пленок, могут быть переходы полимер/металл, изготовленные методом термодиффузионного напыления [1]. При нанесении металла на поверхность полимерной пленки может происходить существенная диффузия атомов металла. Структура переходного слоя представляет собой частицы металла в полимерной матрице. Высокая степень деградации полимера на границе раздела металл/полимер увеличивает поверхностное сопротивление перехода, вследствие роста потенциального барьера на границе раздела.

В процессе изготовления толщиной и морфологическими свойствами пленок можно управлять различными способами. Например, изменением концентрации раствора или добавлением низкомолекулярного вещества [2]. Также возможно управление свойствами пленок, подбирая методы нанесения, к которым относятся метод полива, центрифугирования, печати. В данной работе сообщается о возможностях управления морфологическими характеристиками полимерных пленок путем центрифугирования и полива с применением низкочастотной и ультразвуковой вибрации подложек в контролируемой атмосфере.

Литература

1. Bhargava K., Singh V. Spectroscopic Characterization of Metal–Polymer Interface for Electronic Applications. In: Singh D., Das S., Materny A. *Advances in Spectroscopy: Molecules to Materials*. Springer Proceedings in Physics, 2019 236. Springer, Singapore.
2. Карамов, Д. Д., Лачинов, А. Н., Пшеничнюк, С. А., Лачинов, А. А., Галиев, А. Ф., Юсупов, А. Р., Салазкин, С. Н. Допирование несопряженного полимера органическим соединением с двумя устойчивыми энергетическими состояниями. *ЖТФ*, 2021. – Т. 91. – №. 5. – С. 874-878.

© Поздняков А.Д., Каримов В.Р., 2022 г.

**РАСЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОГО ИМПЕДАНСА НА ГРАНИЦЕ
РАЗДЕЛА СВЕРХПРОВОДНИК-ФЕРРОМАГНЕТИК**Галлямова О.В.¹, Худяков С.В.¹, Пугач Н.Г.², Екомасов Е.Г.^{3,4}Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия²Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», г. Москва, Россия³Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия⁴Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В настоящей работе влияние сверхпроводящего и ферромагнитного слоёв (SF) друг на друга на границе раздела двух сред изучалось с использованием уравнения Узаделя [1]. В рассмотренной структуре концентрация немагнитных примесей была высокой, т.е. в ней выполнялось условие «грязного» предела: $\ell \ll \xi$, где ℓ – длина свободного пробега, ξ – длина когерентности (или диффузного предела $\ell \ll v_F/\Delta$, где v_F – скорость Ферми, Δ – параметр порядка). Такое приближение позволило учесть изотропность квазиклассических функций Грина. Предполагалось, что прозрачность границы SF для электронов мала, то есть эффект близости считался слабым. Это позволило линеаризовать уравнения Узаделя с граничными условиями Куприянова – Лукичева [2] и в первом приближении по прозрачности границы решить задачу вычисления квазиклассических функций Грина для сверхпроводящего и ферромагнитного слоёв.

Ферромагнитным соединением при моделировании выступил FeCo, сверхпроводящим материалом был выбран ниобий (Nb) с $T_c=9.5\text{K}$, причем толщина сверхпроводящего слоя d_S больше длины когерентности материала $d_S > \xi$. Было определено значение импеданса на границе раздела данной SF-двуслойной структуры и исследована его зависимость от таких внешних параметров, как толщина слоев и частота излучения.

Авторы благодарят программу сотрудничества «Зеркальные лаборатории» Национального исследовательского университета «Высшая Школа Экономики» и Башкирского Государственного Педагогического Университета им. М.В. Акмуллы.

Литература

1. Kopnin, N. Theory of Nonequilibrium Superconductivity. Print ISBN 9780198507888, (2001).
2. M. Yu. Kuprianov and V. F. Lukichev. Influence of boundary transparency on the critical current of "dirty" SS'S structures //Zh. Eksp. Teor. Fiz. 94,139-149 (June 1988).

© Галлямова О.В., Худяков С.В.,
Пугач Н.Г., Екомасов Е.Г., 2022 г.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ

ПОЛУПРОВОДНИК-ПДФ-МЕТАЛЛ

Макаров М.С. Бунаков А.А.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В работе представлены результаты исследования влияния инжектированного заряда на электрофизические свойства границы раздела двух субмикронных пленок карбоциклического полимера под названием полидифениленфталид (ПДФ). Выбор ПДФ в качестве полимера обусловлен его электрофизическими свойствами. Данный полимер имеет высокую теплоустойчивость, химическую стабильность и механическую прочность [1]. Образец представлял собой многослойную структуру полупроводник-полимер-металл-полимер-металл типа «сэндвич» (рис.1). В ходе эксперимента измерялись вольт-амперные характеристики (ВАХ) между внутренними электродами при различных значениях и полярности между верхним и нижним электродами. На рис. 2 представлены типичные ВАХ, из которых можно наблюдать влияние инжектированного заряда на проводимость канала между внутренними электродами. Для интерпретации полученных результатов, а также оценки основных параметров носителей заряда вдоль границы раздела полимерных пленок предполагается применить модель инжекционных токов, ограниченных объемом зарядом.

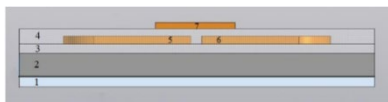


Рис. 1. Структура образца

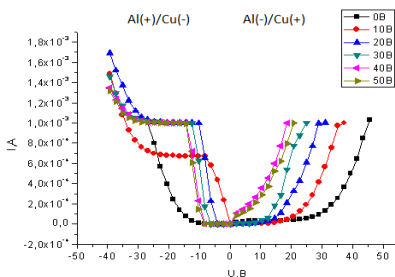


Рис.2 Вольт - амперные характеристики

Литература

1. Галиев А.Ф., Юсупов А.Р., Лачинов А.Н. // Границы раздела и транспорт носителей заряда в полимерных структурах: монография [Текст]. – Воронеж: АртПринт, 2021. – 121с.

© Макаров М.С. Бунаков А.А., 2022 г.

**ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ ПОЛУПРОВОДНИК-
ПММА-МЕТАЛЛ**

Тарасов А.В., Бунаков А.А.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В работе обсуждаются результаты исследования влияния потенциала на затворе образца, представляющего собой макет полевого транзистора на электрофизические свойства области вдоль границы раздела двух пленок полиметилметакрилата [1] (исток-сток). В ходе эксперимента измерялись вольт-амперные характеристики (ВАХ) между внутренними электродами при различных значениях и полярности на затворе образца. Измерения напряжения, в зависимости от полярности и типа полупроводника, ведет к изменению концентрации носителей зарядов и их подвижности, в канале границы раздела тонких пленок ПММА, в сторону их повышения или понижения относительно полярности металлического электрода. На рис. 1 и показаны типичные ВАХ и их значения, из которых видно влияние инжектированного заряда на проводимость канала исток-сток. Для интерпретации полученных результатов, а также оценки основных параметров носителей заряда вдоль границы раздела полимерных пленок предполагается применить модель инжекционных токов, ограниченных объемным зарядом.

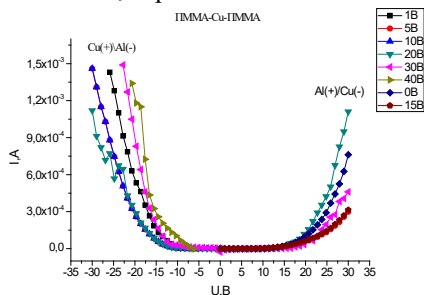


Рис. 1. Результаты исследования вольт-амперных характеристик образца типа полевой транзистор

Литература

1. А.А. Бунаков, И.С. Корионов, Г.Р. Алтыншина, Г.Ш. Байбулова, А.Н. Лачинов//Электронные свойства гетероструктуры металл/ПММА/металл вблизи фазового перехода первого рода в металле – Уфа: Известия УНЦ РАН, 2022. №1. С. 25-29.

© Тарасов А.В., Бунаков А.А., 2022 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕЗИСТИВНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНКАХ

Исламгулов А.Р., Корнилов В.М.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В физике тонких диэлектрических слоев существует круг явлений, объединяемый общим свойством резкого и обратимого изменения проводимости диэлектриков – эффекты переключения. В тонких пленках некоторых полимеров резистивное переключение может быть инициировано не только электрическим полем, но и одноосным давлением, термоионизацией ловушек, электронным или ионным облучением, изменением граничных условий на поверхности раздела металл-полимер, магнитным полем [1]. Наиболее интенсивно в настоящее время развивается направление, в котором резистивное переключение используется для разработки твердотельных элементов памяти, разного рода сенсоров и датчиков. Для технологических применений еще предстоит преодолеть и связанные с этим проблемы устойчивости и стабильности конкретных устройств.

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования некоторых особенностей резистивного переключения в тонких пленках полидифениленфталата, сформированных на металлической подложке. Толщина полимерной пленки задавалась концентрацией исходного раствора и составляла порядка 30 нм., в качестве плавящего электрода использовался индий. Было установлено, что эффект переключения при изменении граничных условий (плавление одного из электродов) наиболее стабильно реализуется при величине балластного сопротивления более 15 кОм при используемом напряжении менее 5 В. Такое напряжение заведомо меньше потенциала ионизации газов атмосферного воздуха.

Результаты работы важны для прояснения механизмов резистивного переключения в полимерных пленках и для разработки технологических требований по изготовлению и тестированию чувствительных элементов для сенсора.

Работа выполнена при поддержке проекта «Зеркальные лаборатории ВШЭ».

Литература

1. А.Н.Лачинов, Н.В.Воробьева. УФН, 2006, т.176, №12, с.1249.

© Исламгулов А.Р., Корнилов В.М., 2022 г.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ДОПИРОВАННЫХ ПЛЕНОК ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

Ильин И.П., Корнилов В.М.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Допант повышает удельную электрическую проводимость в полимерных материалах. Он способствует изменению энергетического спектра электронов, перераспределяя электронные состояния, и образуя поляронные и биполяронные состояния. [1].

В работе обсуждается влияние молекулярного допирования на диэлектрические свойства несопряженного полимера полиметилметакрилата (ПММА). В качестве допантов использовались фенолфталеин и 3-бензилиденфталид весовой концентрацией 1%. Исследуемые образцы представляли собой МДП структуру (Al/ПММА+Dop/ITO). [2].

На рис. 1(а) предоставлены результаты ВФХ, из которых можно наблюдать уменьшение емкости по мере увеличения напряжения в положительной области и отчетливо наблюдается область истощения.

На рис. 1(б) показаны потенциальные барьеры МДП структуры, которые рассчитывались с использованием данных вольт-фарядных характеристик. По графику видно, что добавки не повлияли на потенциальный барьер.

Также на основе вольт-фарядных характеристик были произведены расчеты диэлектрической проницаемости, которые показали, что наименьшую ϵ имеет чистый ПММА, а наибольшую – пленка допированная фенолфталеином.

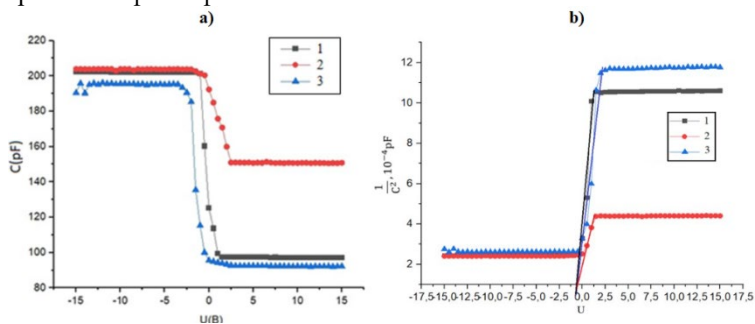


Рис. 1. Потенциальные барьеры МДП структуры

Литература

1. Huseyin T., Semsettin. A. Frequency–Dependent Admittance Analysis of the Metal–Semiconductor Structure With an Interlayer of Zn–Doped Organic Polymer Nanocomposites / Huseyin T., Semsettin. A. – 2018. – 231 с.
2. Квашнина Е.О., Особенности электрофизических свойств ультратонких пленок полиметилметакрилата /Квашнина Е.О., Ильин И.П., Якупова Р.Р., Михлисова Д., Карамов Д.Д. – 2021. –156 с.

© Ильин И.П., Корнилов В.М., 2022 г.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВАКАНТНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРБИТАЛЕЙ МОЛЕКУЛ ТРИКЛОКАРБАНА И ГЕКСАХЛОРОФЕНА

Маркова А.В., Сафронов А.М., Поглазов К.Ю., Юсупова Р.М.
Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Ранее нами был предложен механизм, моделирования воздействия токсичных веществ на организм с помощью методов масс-спектропии резонансного захвата электронов и теории функционала плотности [1, 2]. Как оказалось, большую роль в самом диссоциативном захвате и в образовании каналов последующего распада играют вакантные молекулярные орбитали (ВМО) π -типа, так как такие резонансные состояния являются наиболее долгоживущими.

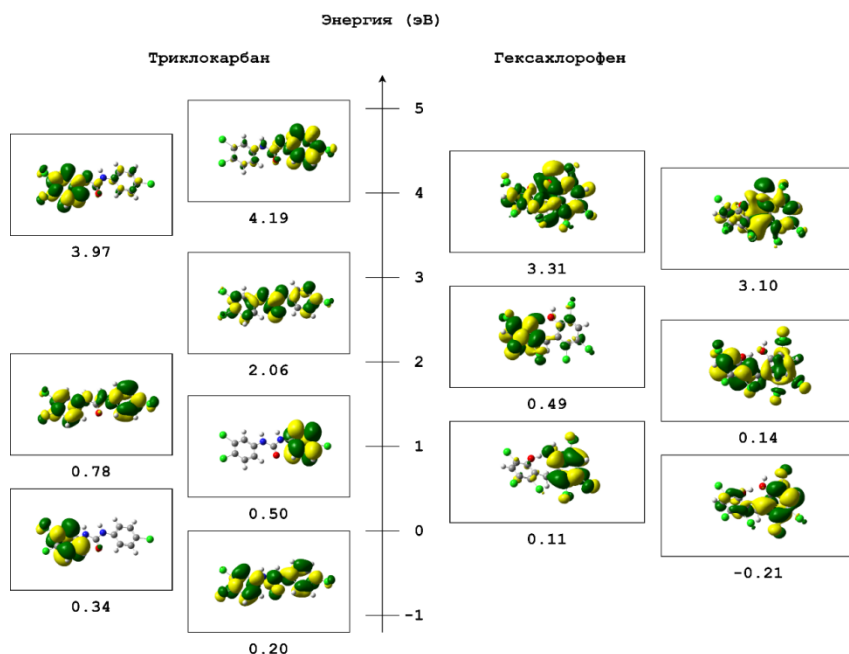


Рис. 1: Схематическое изображение и энергии вакантных МО π -типа для молекул трихлокарбана и гексахлорофена по данным расчёта методом B3LYP/6-31G(d) и масштабирования

В данной работе было проведено квантово-химическое моделирование такого рода орбиталей для триклокарбана и гексахлорофена, которые используются для дезинфекции операционных в больницах [3]. Было выяснено (Рис.1), что данные вещества имеют соответственно 7 и 6 ВМО π -типа при энергиях до 5 эВ.

Работа выполнена в рамках гранта в форме субсидий в области науки из бюджета Республики Башкортостан для государственной поддержки молодых ученых – аспирантов и кандидатов наук (НОЦ-ГМУ-2021).

Литература

1. Pshenichnyuk S. A. et al. Electron attachment spectroscopy as a tool to study internal rotations in isolated negative ions //Physical Review Research. – 2020. – Т. 2. – №. 1. – С. 012030.
2. Таюпов М. М. и др., Методы спектроскопии диссоциативного захвата электронов и теории функционала плотности для моделирования биологической активности производных хиноксалина //Математическая физика и компьютерное моделирование. – 2021. – Т. 24. – №. 2. – С. 54-67.
3. Brausch J. M., Rand G. M. A review of personal care products in the aquatic environment: environmental concentrations and toxicity //Chemosphere. – 2011. – Т. 82. – №. 11. – С. 1518-1532.

© Маркова А.В., Сафронов А.М.,
Поглазов К.Ю., Юсупова Р.М., 2022 г.

МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ФРАГМЕНТАРНЫХ АНИОНОВ ПРИ ДИССОЦИАТИВНОМ ЗАХВАТЕ ЭЛЕКТРОНОВ МОЛЕКУЛАМИ МАЛЬТОЛА И ЭТИЛ МАЛЬТОЛА

Юсупова Р.М., Маркова А.В., Таюпов М.М.

Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Исследованы такие широко используемые в парфюмерной промышленности вещества как мальтол, этил мальтол и ванилин. Согласно исследованиям в этил мальтоле при замене метильного заместителя на этил, в сравнении с обычным мальтолом, запах «сладкой ваты» усиливается в 4–6 раз [1]. Из эксперимента можно сделать вывод о том, что данные соединения не склонны к образованию долгоживущих

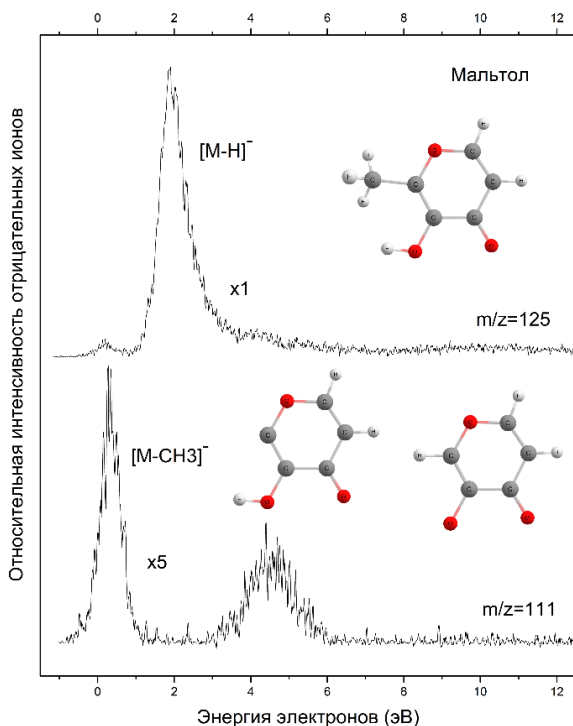


Рис. 1. КЭВ для молекул мальтола

отрицательных молекулярных ионов (ОМИ), как в исходной структуре молекулы, так и с изменением ее пространственной конфигурации. В мальтоле и этил мальтоле был обнаружен сходный продукт диссоциации при взаимодействии их молекул с электронами низких энергий-[C₃H₃O₃]-. Также можно отметить, что в обоих веществах интенсивно происходит отрыв при низких энергиях электронов водородов с разрывом О-Н связей в молекулах. Как показывают предыдущие работы, разрыв такого типа связи обычно может происходить при достаточно низких энергиях [2, 3], что мы и можем увидеть на кривых эффективного выхода (КЭВ) электронов для этих молекул.

Литература

1. Park S.M. Determining Potency of Odorants: Concentration-Detection Functions and Recognition Point of Fragrance Chemicals. UC San Diego, 2012.
2. А. В. Маркова, Р. В. Галеев, Исследование вакантных электронных состояний молекул кумарин-3-карбоновой кислоты// Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2022. – № 1(62). – С. 142-145.
3. М. М. Таюпов, Р. Г. Рахмеев, Н. Л. Асфандиаров, С. А. Пшеничнюк, Определение сродства к электрону на основе экспериментально измеренных времен жизни отрицательных молекулярных ионов производных кумарина, Математическая физика и компьютерное моделирование, Том 23, № 3, 2021, с. 45-59.

© Юсупова Р.М., Маркова А.В.,
Таюпов М.М., 2022 г.

ГЕНЕРАЦИЯ СПИНОВОГО ТОКА В ГИБРИДНОЙ СТРУКТУРЕ СВЕРХПРОВОДНИК / ФЕРРОМАГНИТНЫЙ ДИЭЛЕКТРИК

Туркин Я.В.^{1,2}, Пугач Н.Г.¹, Екомасов Е.Г.^{3,4}

¹Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

²Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
г. Симферополь, Россия

³Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

⁴Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Взаимодействие сверхпроводящих корреляций и прецессирующей намагниченности в гибридных структурах типа сверхпроводящий металл / ферромагнитный диэлектрик открывает широкие возможности для сверхпроводящей спинтроники. В данной работе исследуется механизм генерации спинового тока в сверхпроводнике за счет прецессирующей намагниченности в соседнем слое магнитного диэлектрика. Возникновение нестационарного спинового тока и наведенной намагниченности в сверхпроводящем слое можно интерпретировать как динамический обратный эффект близости. Расчеты спинового тока и наведенной намагниченности произведены в рамках формализма Узаделя-Флоке[1] с адиабатическими нестационарными граничными условиями.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ и по проекту «Зеркальные лаборатории». Работа также поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, Мегагрант № 075-15-2022-1108.

Литература

1. Brinkman, A., Golubov, A.A., Rogalla, H., Wilhelm, F.K., Kupriyanov, M.Yu. // Phys. Rev. B., 2003, v. 68(22). p. 224513.

© Туркин Я.В., Пугач Н.Г., Екомасов Е.Г., 2022 г

МОРФОЛОГИЯ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУБМИКРОННЫХ ПЛЕНОК ПАЭК

Карамов Д.Д.^{1,2}, Лачинов А.Н.^{1,2}, Чеботарева А.Б.², Шапошникова В.В.³

¹Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

²Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,
г. Москва, Россия

³Института элементоорганического синтеза РАН, г. Москва, Россия

На протяжении последних двух десятилетий активно развиваются новые подходы к формированию недорогих токосяемных контактов к солнечным элементам без использования драгоценных металлов, в частности серебра. Одним из таких подходов является использование термопластичных полимерных материалов - кардовых полиариленэфиркетонов (ПАЭК), содержащих боковые флуореновые группы [1].

В рамках физических исследований функциональных полимеров важную роль играет характеристика пленок с точки зрения пленкообразующих свойств и оптических характеристик. В работе представлены результаты морфологических исследований субмикронных полимерных пленок, полученных методом центрифугирования из раствора ПАЭК, на поверхности ИТО методами атомно-силовой микроскопии в зависимости от толщины пленок, а также анализ оптических спектров полимерных пленок.

Работа выполнена при финансировании гранта РНФ 22-19-00535.

Литература

1. Chebotareva, A.B., Kost, T.N., Stepanov, A.S. et al. Aromatic cardo polyethers: film adhesives for solar cell current collecting system// Russ. Chem. Bull., 2022, 71, pp.368–373.

© Карамов Д.Д., Лачинов А.Н., Чеботарева А.Б., 2022 г.

ТРАНСПОРТ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В СТРУКТУРЕ Si/ITO/ПАЭК/Cu

^{1,2}Галиев А.Ф., ^{1,2}Карамов Д.Д., ^{1,2}Лачинов А.Н.

¹Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,
г. Москва, Россия

²Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Органическая фотовольтаика является одним из перспективных направлений развития молекулярной электроники. Наряду с такими методами повышения эффективности солнечных элементов, как допирование органических фотоактивных слоев наночастицами, применение гибридных материалов и т.д., существует подход, связанный с уменьшением контактного сопротивления на границе раздела токосъемного металлического контакта с поверхностью солнечного элемента. В этом направлении, перспективны новые уникальные термопластичные полимерные материалы - кардовые полиариленэфиркетоны (ПАЭК), содержащие различные боковые функциональные группы [1]. Данные полимеры характеризуются способностью переключаются из диэлектрического в высокопроводящее состояние в ходе низкотемпературной ламинации при относительно небольшом избыточном давлении, что делает их перспективными материалами в качестве адгезионного слоя между токосъемными контактами и прозрачными токопроводящими оксидами.

В этой связи, была исследована структура Si/ITO/ПАЭК/Cu, являющаяся модельной фотовольтаической ячейкой. Была показана применимость и ограничения модели инжекционных токов, ограниченных пространственными зарядами. Найдены условия изготовления структур, при которых достигается уменьшение контактного сопротивления границы раздела полимер/металл.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-19-00535).

Литература

2. A.B. Chebotareva, T.N. Kost, A.S. Stepanov, S.N. Salazkin, V.V. Shaposhnikova, Russ. Chem. Bull. 71(2), 368 (2022)
DOI:10.1007/s11172-022-3421-6.

© Галиев А.Ф., Карамов Д.Д., Лачинов А.Н., 2022 г.

ОСОБЕННОСТИ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕКТРОННОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ

Разяпов Р.М., Султанов И.И., Халиуллина Р.И.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М.Акмиллы, г. Уфа, Россия

Одним из до конца неизученных электронных свойств некоторых аморфных материалов является способность менять состояние от диэлектрического или полупроводникового в электропроводящее. Такое явление называется эффектом переключения проводимости. Первым, подобным эффект был обнаружен в халькогенидах. К халькогенидам относятся соединения на основе халькогенов - кислород, сера, селен, теллур, полоний и ливерморий. Впоследствии, подобные эффекты были обнаружены в различных материалах, в том числе органических полимерных пленках [1].

В данной работе проведен обзор особенностей перехода полимерных пленок из диэлектрического состояния в высокопроводящее. В частности, такие, что проводимость пленок в состоянии с высокой проводимостью пространственно анизотропная. То есть, пленка представляется как некая диэлектрическая матрица с одномерными проводящими каналами. Проводимость таких каналов, диаметров не более, близка к проводимости металлов.

Исходя из условий наблюдения высокопроводящего состояния металлического типа в диэлектриках, следует ожидать необычных проявлений такого состояния в широком интервале температур. Одним из ключевых характеристик является возможность реализации эффекта близости. Если расположить полимерную пленку между сверхпроводящими контактами, то пленка не препятствует прохождению сверхпроводящего тока.

В состоянии с низкой проводимостью, очевидно влияние эффектов, наблюдающихся на переходном слое металл/полимер. Механизмами, оказывающими сильное влияние на перенос заряда, а, следовательно, отражающимися на температурных зависимостях вольтамперных характеристик могут быть термоэлектронная эмиссия Шоттки и туннельная эмиссия зарядов.

Литература

1. А.Н.Лачинов, Н.В.Воробьева. УФН, 2006, т.176, №12, с.1249.

© Разяпов Р.М., Султанов И.И., Халиуллина Р.И., 2022 г.

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ СВЕРХПРОВОДНИКОВОЙ СПИНТРОНИКИ

Пугач Н.Г.¹, Екомасов Е.Г.^{2,3}

¹Национальный исследовательский университет
Высшая Школа Экономики, г. Москва, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

³Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Сверхпроводниковая спинтроника является новой, быстро развивающейся областью в нанозлектронике квантовых систем. Её основной идеей, как и в обычной спинтронике, является использование переноса спина электронов для хранения и обработки информации, но реализованная в сверхпроводящих контурах при низкой температуре. Были продемонстрированы определенные преимущества спинтронных устройств на сверхпроводниках перед устройствами, работающими при комнатной температуре, основанные, например на использовании большой длины релаксации квазичастиц в сверхпроводящих материалах. Кроме того, в сверхпроводящих гибридных наноструктурах на основе магнитных материалов обнаружен ряд эффектов, у которых нет аналогов в устройствах обычной, высокотемпературной спинтронике.

Будет дан обзор существующих направлений развития сверхпроводниковой нанозлектроники, включая магнитную память, Джозефсоновскую логику, кубиты, и квантовые компьютеры. Эта новая область призвана решать следующие задачи: энергосбережение, миниатюризация элементов, их быстродействие, и наконец, обеспечение работы принципиально нового типа устройств – квантовой логики. Основными, хорошо разработанными на сегодняшний день элементами сверхпроводниковой спинтронике являются сверхпроводящие спиновые вентили. Будет дан обзор этих разработок. Будут обсуждаться перспективы и проблемы их применения в качестве совместимой магнитной памяти для сверхпроводниковых классических и квантовых логических устройств. В заключение расскажу о нашей последней разработке – сверхпроводниковых спиновых вентилях нового типа.

Авторы благодарят проект «Зеркальные Лаборатории» НИУ ВШЭ за поддержку сотрудничества.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ПОЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВИБРАЦИИ ПОДЛОЖКИ

Валеев Д.Р., Логинова В.А., Суяргулов А.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Органическая электроника обладает рядом преимуществ перед традиционной кремниевой. Прежде всего, это технологическая простота формирования многослойных структур. К таким методам относятся метод Ленгмюра-Блоджетт, центрифугирования, полива, струйной и лазерной печати. В то же время, даже в рамках одного метода, существуют способы наиболее эффективного управления качеством, толщиной и структурой формируемых слоев. В частности, используются методы подготовки подложки и воздействия на него в процессе формирования тонких слоев органических материалов.

В данной работе рассматривается применимость метода ультразвукового воздействия на подложку в процессе формирования тонких полимерных пленок.

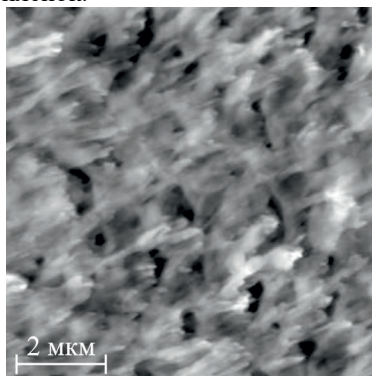


Рис. 1. Изображение поверхности полимерной пленки, сформированной из концентрированного раствора

На рисунке 1 представлено атомно-силовое изображение поверхности полимерной пленки, сформированной без применения ультразвуковой вибрации. Применение вибрации позволит управлять морфологией поверхности полимерных пленок.

© Валеев Д.Р., Логинова В.А., Суяргулов А.Р., 2022 г.

ВЛИЯНИЕ КОНТАКТНОЙ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ НА ГРАНИЦЕ МЕТАЛЛ/ПОЛИМЕР НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ

Сабилов Ф.А., Лачинов А.Н.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Данном докладе обсуждается вопрос контактной разности потенциала структуры металл-полимер-металл (МПМ) и ее влияние на электронные фазовые переходы типа диэлектрик-металл. При контакте металла с полимерным диэлектриком в структуре металл-полимер-металл происходит перетекание электронов из металла в полимерную пленку в результате чего происходит выравнивание уровней Ферми. В результате этого в приконтактной области возникает поле избыточных зарядов. Из-за этого формируется контактная разность потенциалов, которая определяется как разность работы выхода электрона. В этом докладе рассмотрены несколько вопросов, в частности, как определяется работа выхода электрона из металла, механизм формирования контактной разности потенциалов, термоэлектрические явления, проводимость несопряженных полимеров, изменение граничных условий МПМ [1].

В результате приведенного исследование сделаны следующий вывод, 1. контактная разность потенциалов в структуре МПМ зависит от агрегатного состояния электрода, 2. При контакте металла определенной массы с этой структурой пленки возникает перетекание электронов с металла на электрод, так как металл представляет собой резервуар электронов. Если уменьшать массу контактирующего металла, то уменьшается объем резервуара электронов и это приводит к изменению электрофизических свойств МПМ структуры. В докладе обсуждается возможность использования обнаруженного эффекта для изготовления сенсора для диагностики металлических изделий. Метод контактной разности потенциалов- одни из немногих методов неразрушающего контроля, позволяющий следить, например, за изменением структуры ядерного топлива непосредственно в рабочих условиях.

Литература

1. Лачинов А.Н., Корнилов, В.М. Электронные свойства интерфейсных полимерных структур: монография [Текст]. –Воронеж: Изд-во АртПринт, 2021 – 349с.

© Сабилов Ф. А., Лачинов А.Н, 2022 г.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ОБЛАСТЕЙ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

Садрисламова К.А., Лачинов А.Н.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В представленной работе рассматривается важность визуализации электропроводящих областей в тонких пленках полиарилефталидов для объяснения способности тонкой пленки в высокопроводящем состоянии обладать анизотропией проводимости. Метод основан на визуализации потенциального рельефа, возникающего на поверхности полимерной пленки после её перехода в это состояние.

Метод основан на известных свойствах нематических жидких кристаллов изменять ориентацию директора не только во внешних электрических полях, но и способности изменять локальную ориентацию длинных осей молекул вблизи потенциальных неоднородностей, расположенных на ограничивающих поверхностях нематических жидких кристаллов.

В докладе рассмотрены способы создания хорошо ориентированного слоя нематического жидкого кристалла между двумя плоскими прозрачными электродами. На один из электродов предварительно нанесена тонкая пленка полимера. Предполагалось, что при изменении электропроводности полимера, вызванном каким-либо внешним воздействием, например, давлением, вид однородной ориентации молекул жидкого кристалла, контактирующего с полимерным образцом, изменится в зависимости от характера изменения проводимости полимерной подложки.

Таким образом, необходимо было выполнить два условия: получить однородную гомеотропную ориентацию молекул жидкого кристалла в экспериментальной ячейке типа плоского капилляра $\text{SiO}_2 + \text{SnO}_2$ - полимер - нематический жидкий кристалл - $\text{SnO}_2 + \text{SiO}_2$ и индуцировать полимерного слоя. Регистрацию изменения ориентации молекул НЖК проводили поляризационно-оптическим методом.

Покрывание из SnO_2 на стеклянных пластинах, будучи прозрачным в видимой области спектра, позволяло одновременно наблюдать за изменением ориентации ЖК в экспериментальной ячейке и контролировать ее электропроводность. На рис. 1. представлена

последовательная схема жидкокристаллического эксперимента по визуализации высокопроводящих каналов в полимерной пленке.

Требуемая ориентация НЖК возникала спонтанно после нагрева планарно ориентированного нематика до изотропной фазы и последующего охлаждения в результате фазового перехода из изотропной фазы в нематическую при толщине капилляра меньше некоторой критической. В данном конкретном случае толщина составила 10 мкм, что соответствовало поставленным условиям. Для получения однородного монокристалла необходимо было превысить температуру фазового перехода нематик - изотропная жидкость.

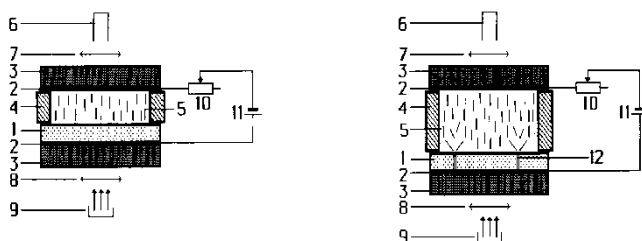


Рис. 1. Схема жидкокристаллического эксперимента по визуализации потенциального рельефа полимерной пленки до и после перехода ее в высокопроводящее состояние. 1 - полимерная пленка, 2 - электроды, 3 - стеклянные пластины, 4 - изолирующие прокладки, 5 - слой жидкого кристалла, 6 - объектив микроскопа, 7 - анализатор, 8 - поляризатор, 9 - коллиматор, 10 - реостат, 11 - источник напряжения, 12 - высокопроводящие области в слое полимера

При рассмотрении результатов повторных экспериментов можно сделать вывод о возможности улучшения однородности ориентации путем перебора различных жидких кристаллов.

При приложении электрического поля первоначальная однородная ориентация молекул НЖК изменяется. При скрещенных николях в поле зрения микроскопа появляется набор конфокальных доменов с крестом в центре доменов. Установлено, что размер доменов зависит от величины приложенного поля.

В докладе обсуждаются результаты визуализации электропроводящих областей и полученные оценки размеров электропроводящих каналов в полимерной пленке.

Работа выполнена при поддержке проекта «Зеркальные лаборатории ВШЭ».

УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОНИТОРИНГА УРОВНЕЙ ЗАГАЗОВАННОСТИ НА БАЗЕ ИОТ

Ахняпов Э.Ш., Абдрахманов В.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Вопрос влияния газа на здоровье человека является действительно важной. Так как большинство газов не имеют не цвета ни запаха, обнаружить их без специальных приборов или устройств невозможно. Наиболее распространенными симптомами отравления газами являются головная боль, тошнота, одышка, головокружение и помрачение сознания. Низкая вызывает гриппоподобные симптомы и обычно не распознается. Высокая концентрация газа незамедлительно приводит к смерти.

Вследствие этого необходимы устройства, которые могут в режиме реального времени отслеживать уровни газа и фиксировать эти значения, оповещать пользователя о состоянии качества воздуха в удобном для него виде.

Собрана схема, состоящая из датчика газа MQ-135, отладочной платы STM Nucleo F401RE/F411RE, реле и WI-FI модуля ESP8266.

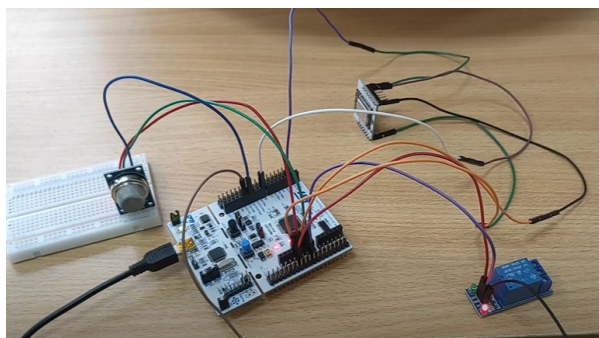


Рис. 1. Макет собранной схемы

Принцип работы в общем виде таков, что есть некое пороговое значение концентрации газа. В случае достижения этого значения, отправляется сигнал на плату ESP8266, затем данные идут на облачный сервер, откуда в Telegram бот посылается сообщение, замыкается реле и включается вытяжная вентиляция.

В случае, если уровень газа в норме, то приходит следующее оповещение: «Концентрация газа в норме! Вентиляция не работает!».



Рис. 2. Общий вид оповещений

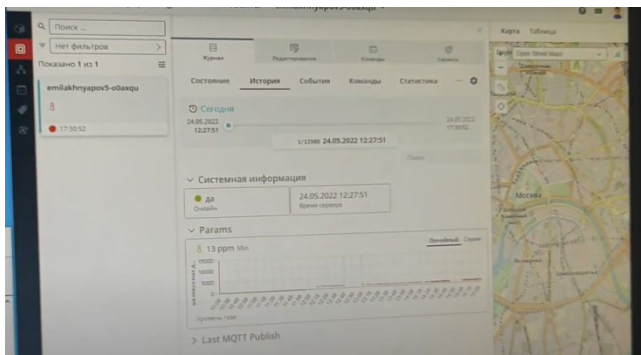


Рис. 3. Платформа Rightech IoT Cloud (RIC)

На промышленных объектах при эксплуатации различного рода технологических установок, резервуарных парков и других участков есть вероятность загазованности среды помещений вредными и взрывоопасными концентрациями паров и газов. На любом предприятии или заводе применяется автоматизация производственных процессов. Одной важнейшей из задач, которую необходимо рассмотреть и решить при комплексной автоматизации объектов промышленности, является контроль загазованности. Поэтому, промышленные объекты являются одним из областей применения этого газоанализатора.

Широкое применение такое устройство может найти и в качестве анализатора загазованности воздуха в подземных инженерно-технических коммуникациях. Эту схему также можно применять в быту: в гараже или бане, где можно встретить угарный газ, заменив датчик газа на другой. Особенностью схемы являются малые массогабаритные показатели.

Литература

1. Salikhov R. B., Abdrakhmanov V. K., Yumalin T. T. Experience of Using Bluetooth Low Energy to Develop a Sensor Data Exchange System Based on the NRF52832 Microcontroller //2021 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). – IEEE, 2021. – С. 229-233.
2. Salikhov R. B., Abdrakhmanov V. K., Safargalin I. N. Internet of Things (IoT) Security Alarms on ESP32-CAM //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 2096. – №. 1. – С. 012109.

© Ахняпов Э.Ш., Абдрахманов В.Х., 2022 г.

ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ ПЛОТНОСТИ ФОТОТОКА ИЗ ПЛАЗМОННЫХ НАНОЧАСТИЦ: ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЯВЛЕНИЯ И ПРИМЕР РАСЧЕТОВ

Ихсанов Р.Ш.¹, Усков А.В.², Проценко И.Е.²

¹Московский институт электроники и математики

Высшей школы экономики, г. Москва, Россия

²Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия

В последнее десятилетие начала активно развиваться новая область наноэлектроники: создание приборов на плазмонно-индуцированных фотоэлектронах, которая находит применение в первую очередь задач фотодетектирования и фотокатализа [1-3]. В этой области в последние годы появились работы на тему пространственного распределения фотоэмиссионного тока [4].

Нами представлена теория процесса фотоэмиссии из металлических наночастиц, погруженных в изотропную среду (вакуум или полупроводниковую матрицу), и облучаемых плоской электромагнитной волной. В работе рассматривается как поверхностный, так и объемный механизмы фотоэмиссии.

Конкретные диаграммы направленности в работе рассчитываются для случая золотой наносферы, погруженной в матрицу из GaAs, и различных мод, возбуждаемых в такой системе. Электрическое поле внутри и на поверхности наносферы рассчитывается в рамках теории Ми.

Работа поддержана Научным фондом НИУ ВШЭ, проект "Зеркальные лаборатории".

Литература

1. Chalabi, H., Brongersma, M.L. // Nat. Nanotechnol., 2015, v. 8, p. 229–230.
2. Brongersma, M. L., Halas, N. J., Nordlander, P. // Nat. Nanotechnol., 2015, v. 10, pp. 25–34.
3. Ikhsanov, R.S., Babicheva, V. E., Protsenko, I. E., Uskov, A. V., Guzhva, M. E. // Quantum Electronics, 2015, v. 45, pp. 50–58.
4. Pettine, J., Meyer, S. M., Medeghini, F., Murphy, C. J., Nesbitt, D. J. // ACS Nano, 2021, v. 15, pp. 1566–1578.

© Ихсанов Р.Ш., Усков А.В.,
Проценко И.Е., 2022 г.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА КВАЗИОДНОМЕРНЫХ ХАЛДЕЙНОВСКИХ МАГНЕТИКОВ $(Y_{1-x}Nd_x)_2BaNiO_5$

Попова Е.А.

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

В изоструктурных соединениях семейства R_2BaNiO_5 (R - редкоземельный ион или ион иттрия) цепочки ионов Ni^{2+} спинов $S=1$ вытянуты вдоль оси a и разделены в плоскости bc ионами R^{3+} и Ba^{2+} . В Y_2BaNiO_5 магнитного упорядочения не происходит, и в спектре магнитных возбуждений наблюдается энергетическая щель ~ 10 meV. Полная или частичная замена иона Y^{3+} на магнитный ион R^{3+} приводит к антиферромагнитному упорядочению, причем щель в спектре магнитных возбуждений Ni цепочки остается даже в упорядоченном состоянии [1]. В настоящей работе для соединений семейства $(Y_{1-x}Nd_x)_2BaNiO_5$ с разной концентрацией неодима были исследованы полевые зависимости намагниченности $M(B)$ и температурные зависимости теплоемкости $C(T,B)$ в присутствии внешнего магнитного поля. На зависимостях $M(H)$ для соединений с $0.05 \leq x \leq 0.25$ была обнаружена аномалия, которая смещалась в сторону меньших полей при уменьшении x , в то время как для соединений с $x \leq 0.04$ аномалий не обнаружено. В упорядоченном состоянии внутреннее магнитное поле B_{ex}^{Nd} , действующее на ион Nd^{3+} со стороны никелевой подсистемы, приводит к расщеплению основного кramerсовского дублета иона Nd^{3+} , что проявляется в виде аномалии Шоттки на зависимостях $C(T,B=0)$. С уменьшением концентрации неодима B_{ex}^{Nd} уменьшается и аномалия Шоттки смещается в сторону меньших температур. В присутствии внешнего магнитного поля аномалия Шоттки смещается в сторону высоких температуры для соединений с $x \leq 0.075$, и в обратную сторону при $x \geq 0.15$. Это обусловлено тем, что $B_{ex}^{Nd} < B$ для малых x , и направления всех магнитных моментов ионов Nd^{3+} совпадает. $B_{ex}^{Nd} \geq B$ для соединений с $x \geq 0.15$, и часть магнитных моментов неодима направлена против направления внешнего поля.

Работа поддержана Научным фондом НИУ ВШЭ, проект "Зеркальные лаборатории".

Литература

1. A. Zheludev, J. M. Tranquada, T. Vogt, and D. J. Buttrey, Phys.Rev. B 54, 7210 (1996).

© Попова Е.А., 2022 г.

ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЁТ ПЛОТНОСТИ СОСТОЯНИЯ В ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ СВЕРХПРОВОДНИК- ФЕРРОМАГНИТНЫЙ ДИЭЛЕКТРИК

Селезнёв Д.В.¹, Пугач Н.Г.¹, Яговцев В.О.¹, Екомасов Е.Г.^{2,3}

¹Национальный исследовательский университет

Высшая Школа Экономики, г. Москва, Россия,

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

³Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Криогенная электроника является перспективной технологией для создания нового класса современных вычислительных устройств. Особый интерес в этой области вызывают теоретические и экспериментальные исследования гибридных наноструктур, состоящих из слоя сверхпроводника и магнитного материала [1]. В подобных структурах активно изучаются квантовые явления, возникающие в области интерфейса сверхпроводника и ферромагнетика.

В данной работе теоретически изучался обратный эффект близости в структуре сверхпроводник-ферромагнитный диэлектрик и его влияние на плотность состояний сверхпроводника вблизи границы контакта. Расчёт выполнялся в среде MATLAB, для этого было разработано программное обеспечение, позволяющее решать краевые задачи в подобных гетероструктурах. Модель основывается на решении системы дифференциальных уравнений Узаделя в спиновом пространстве с использованием параметризации Риккати. Граничные условия соответствуют случаю сильной спиновой поляризации ферромагнитного диэлектрика, которая задаётся феноменологическим параметром угла спинового смешивания φ [2].

Работа выполнена в рамках проекта сотрудничества НИУ ВШЭ и БГПУ «Зеркальные Лаборатории».

Литература

2. Яговцев, В.О., Пугач Н.Г., Екомасов Е.Г., Львов Б.Г.// Физика Металлов и Металловедение, 2021, том. 122(9), с. 908-916.
2. Селезнёв Д.В., Пугач Н.Г., Львов Б.Г.//Наноиндустрия, 2021, том. 14(107), с. 572-573.

© Селезнёв Д.В., Пугач Н.Г.,
Яговцев В.О., Екомасов Е.Г., 2022 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ СОСТОЯНИЙ В ПРИСУТСТВИИ РАССЕЯНИЯ В ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ СВЕРХПРОВОДНИК/ФЕРРОМАГНЕТИК

Пашковская В.Д., Васенко А.С.

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

В данной работе изучено влияние параметров ферромагнетика на плотность состояний туннельных Джозефсоновских переходов с ферромагнитной прослойкой, а именно – параметров магнитного и спин-орбитального рассеяния. Дополнительно учтена проницаемость F/S барьера.

Для исследования структуры сверхпроводник-ферромагнетик (далее – FS-бислой) была построена квазиклассическая модель. В её основе лежат уравнения Узаделя, описывающие поведение частиц в различных средах в диффузном (грязном) пределе.

Наша задача – определить плотность состояний FS-бислоя на свободной границе ферромагнетика. Для этого в модель должны быть добавлены граничные условия [1]:

$$\left(\frac{\partial\theta_f}{\partial x}\right)_{x=-d_f/2} = 0, \xi_n \gamma \left(\frac{\partial\theta_f}{\partial x}\right)_{x=d_f/2} = \xi_s \left(\frac{\partial\theta_s}{\partial x}\right)_{x=d_f/2} \quad (1), (2)$$

$$\xi_n \gamma_{B2} \left(\frac{\partial\theta_f}{\partial x}\right)_{x=d_f/2} = \sin(\theta_s - \theta_f)_{x=d_f/2}, (\theta_s)_{x=d_s+d_f/2} = \arctan\left(\frac{\Delta}{\omega}\right) \quad (3), (4)$$

Уравнение (1) описывает граничное условие на свободной границе ферромагнетика, уравнения (2) и (3) – условия на границе ферромагнетика и сверхпроводника (условия Куприянова-Лукичева), уравнение (4) – условие на свободной границе сверхпроводника.

Для отыскания решения был реализован численный метод, представляющий из себя двухэтапный итерационный алгоритм [2]. На первом этапе определяется координатная зависимость парного потенциала в сверхпроводнике с использованием самосогласованного уравнения. На следующем этапе определяется зависимость функций Грина от ω , после чего плотность состояний на каждом энергетическом шаге может быть определена как:

$$N_{f\uparrow(\downarrow)}(E) = \text{Re}[\cos \theta_{f\uparrow(\downarrow)}(i\omega \rightarrow E + i0)]. \quad (5)$$

Результирующая плотность состояний:

$$N_f(E) = \frac{N_{f\uparrow}(E) + N_{f\downarrow}(E)}{2}. \quad (6)$$

Моделирование проводилось при $h = 0.1\Delta$, $d_f = 0.5\xi_n$, $\gamma = 0.05$ (тонкий слой ферромагнетика с малым обменным взаимодействием). На полученных характеристиках на рис.1 наблюдается ряд эффектов, которые могут объяснены с помощью квантовой теории.

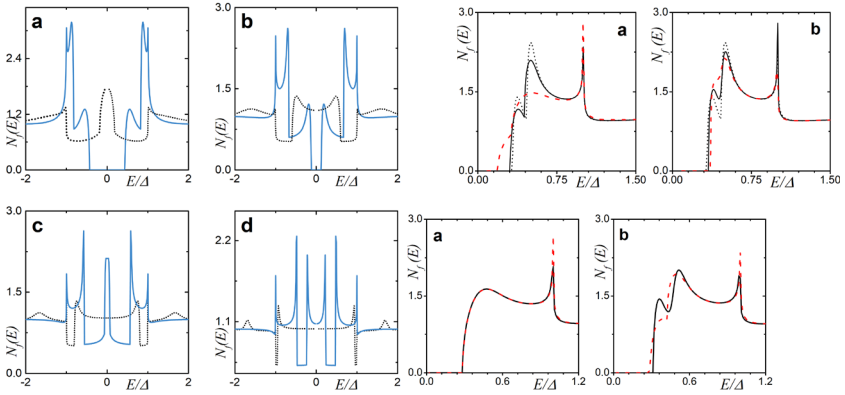


Рис. 2. Зависимость плотности состояний FS-бислоя от безразмерной энергии квазичастиц

Выражается благодарность проекту «Зеркальные лаборатории» Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Литература

1. Gusakova, D. Y., Golubov, A. A., Kupriyanov, M. Y. & Buzdin, A. Density of states in SF bilayers with arbitrary strength of magnetic scattering. *Jetp Lett.* **83**, 327–331 (2006).
2. Golubov, A. A. *et al.* Proximity effect in superconductor-insulator-superconductor Josephson tunnel junctions: Theory and experiment. *Phys. Rev. B* **51**, 1073–1089 (1995).

© Пашковская В.Д., Васенко А.С., 2022 г.

ЗАПОЛНЕНИЕ СКОМКАННОГО ГРАФЕНА НАНОЧАСТИЦАМИ МЕДИ: АТОМИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сафина Л.Р., Баимова Ю.А., Крылова К.А., Мурзаев Р.Т.

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Одной из важных задач на сегодняшний день является изучение возможности применения скомканного графена для создания новых композитных материалов [1]. В данной работе методом молекулярно-динамического моделирования исследуются механические свойства композита, состоящего из скомканного графена, заполненного наночастицами никеля и меди. Как пример, на рис.1 показана структура композита графен-никель при разных этапах обработки.

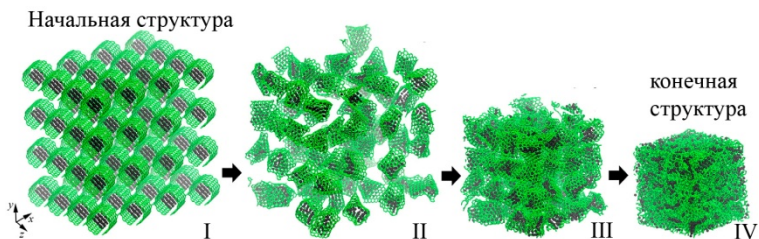


Рис. 1. Пример объемной структуры скомканного графена, заполненной наночастицами Ni: исходное состояние I; отожженное состояние, II; предварительно сжатое состояние, III, и конечная композитная структура, IV. Атомы Ni показаны черным, а атомы углерода показаны зеленым

В результате моделирования выявлено, что заполнение скомканного графена наночастицами меди приводит к формированию прочного композитного материала при использовании соответствующей деформационно-термической обработки, что ранее было показано и для композита с никелем [1,2]. Установлено, что композит графен-медь обладает высокой прочностью, что объясняется формированием прочной графеновой матрицы. При этом атомы меди будут определять физические свойства итогового композита.

Авторы благодарят Российский научный фонд (грант №20-72-11012).

Литература

1. Safina L.R., Baimova J.A., Krylova K.A., Murzaev R.T., Mulyukov R.R. Simulation of metal-graphene composites by molecular dynamics: a review // Letters on Materials. 2020, v. 10, №3, p. 351-360.
2. Safina L.R., Krylova K.A., Murzaev R.T., Baimova J.A., Mulyukov R.R. Crumpled graphene-storage media for hydrogen and metal nanoclusters. // Materials. 2021, v. 14, №9, p. 2098.

© Сафина Л.Р., Баймова Ю.А., Крылова К.А., Мурзаев Р.Т., 2022 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТРЕХМЕРНО ПОЛИМЕРИЗОВАННЫХ ФУЛЛЕРИТОВ

Карандышев Д.А., Креницын Н.А., Грешняков В.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Фуллерены – это углеродные молекулы, которые имеют форму выпуклых многогранников и состоят из трехкоординированных атомов [1]. На основе фуллеренов экспериментально могут быть получены гибридные углеродные фазы высокой твердости, называемые полимеризованными фуллеритами. В данной работе проведено теоретическое исследование возможных структурных разновидностей трехмерно полимеризованных фуллеритов C_{60} .

Исходные структуры полимеризованных фуллеритов были получены в процессе шивки фуллеренов C_{60} по методике из работы [2]. В результате геометрической оптимизации исходных структур были найдены две разновидности трехмерно полимеризованных фуллеритов C_{60} . Первая разновидность – кубическая с параметрами ячейки $a = 0.615$ нм, $Z = 30$ и 60-процентной долей sp^3 гибридинизованных атомов (рис. 1). Вторая гибридная фаза – ромбическая с параметрами $a = 0.859$, $b = 0.785$, $c = 1.272$ нм, $Z = 120$ и 40-процентной долей sp^3 атомов.

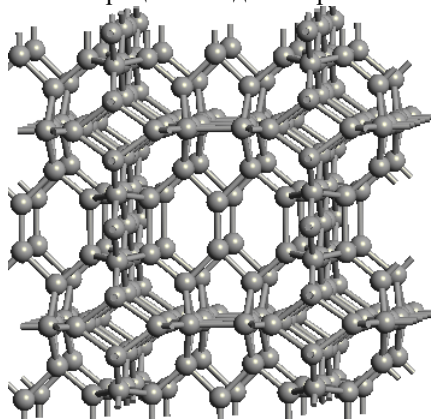


Рис. 1. Структура кубического полимеризованного фуллерита

Литература

1. Беленков, Е.А., Грешняков, В.А. // ФТТ, 2013, т. 55 (8), с. 1640-1650.
2. Грешняков, В.А., Беленков, Е.А. // Челябинский физико-математический журнал, 2021, т. 6 (4), с. 464-474.

© Карандышев Д.А., Креницын Н.А., Грешняков В.А., 2022 г.

ФАЗОВАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ДВОЙНИКОВЫХ СТРУКТУР НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ СПЛАВОВ ГЕЙСЛЕРА Ni-Mn-In

Ерагер К.Р., Байгутлин Д.Р., Соколовский В.В., Бучельников В.Д.
Челябинский государственный университет, г. Челябинск. Россия

В последние годы магнитные сплавы с эффектом памяти формы привлекают все большее внимание из-за значительных деформаций, индуцированных магнитным полем, и гигантского магнитокалорического эффекта, используемого в современных технологиях. Наличие больших обратимых магнитодеформаций связано с возникновением модулированных низкосимметричных структур в мартенситной фазе. Помимо модулированных структур, двойниковые образования представляют собой «зеркальное» отражение атомной структуры (матрицы) в определенной плоскости, либо образуются поворотом структуры (матрицы) вокруг кристаллографической оси на некоторый угол, постоянный для данного вещества. Двойникование значительно влияет на механические свойства конечных сплавов: прочность, пластичность, хрупкость, а также на электрические, магнитные и оптические свойства. В связи с этим, в данной работе были выполнены первопринципные вычисления двойниковых структур сплава $\text{Ni}_{12}\text{Mn}_{1.75}\text{In}_{0.25}$ с помощью теории функционала плотности, реализованной в программном пакете VASP (Vienna Ab initio Simulation Package) [1], в приближении GGA-PBE. Расположение избыточных атомов Mn рассчитывалось в программном пакете ATAT. По данным проведенных исследований, структуры, сгенерированные с помощью программного пакета ATAT, обладают большей по модулю энергией основного состояния, чем структуры с упорядоченным расположением избыточного Mn, что указывает на большую фазовую стабильность композиций и устойчивость к сегрегации. Распределение избыточных атомов Mn в подрешетке In не влияет на структурные характеристики сплавов.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках госзадания № 075-01391-22-00.

Литература

1. Kresse G., Furthmüller J. // Physical Review B. 1996. V. 54. P. 11169.

© Ерагер К.Р., Байгутлин Д.Р.,
Соколовский В.В., Бучельников В.Д., 2022 г.

ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ ОКСИДА $\text{Ce}_{0.8}\text{Cu}_3\text{V}_4\text{O}_{12}$ В ОБЛАСТИ ДАВЛЕНИЙ 16-46 ГПа

Устинова И.С.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

Перовскитоподобные оксиды ряда $\text{RCu}_3\text{V}_4\text{O}_{12}$ (где R – редкоземельный элемент) в области 16 – 50 ГПа обнаруживают ряд интересных свойств, описанных в работе [1]. Так как высокие давления могут в значительной мере изменять структуру и свойства различных материалов, целью работы стало исследование электрических свойств соединения $\text{Ce}_{0.8}\text{Cu}_3\text{V}_4\text{O}_{12}$ в широких областях давлений.

Образцы $\text{Ce}_{0.8}\text{Cu}_3\text{V}_4\text{O}_{12}$ получены методом термобарического синтеза в течение 10 минут при температуре 1100°C и давлении 7 ГПа. Исследование электросопротивления проходило в областях давлений 16 – 46 ГПа. При фиксированных давлениях получены зависимости электросопротивления от времени, которые можно описать функцией

$$R(t) = A_1 \cdot \exp\left(-\frac{t}{t_1}\right) + A_2 \cdot \exp\left(-\frac{t}{t_2}\right),$$

где t_1 и t_2 соответствуют значениям времен релаксации левой и правой частей кривой, которые, в свою очередь, отвечают за быстрые и медленные релаксационные процессы.

Построены барические зависимости электросопротивления $R(P)$, а также времен релаксации $t_1(P)$ и $t_2(P)$. Обнаружены изменения в поведении этих кривых при пересечении области давлений 28 – 30 ГПа. Например, свыше 30 ГПа наблюдается резкое падение электросопротивления, после которого значения слабо уменьшаются. Проявление эффекта химического сжатия лантаноидов описаного в [1], можно наблюдать и для соединения $\text{Ce}_{0.8}\text{Cu}_3\text{V}_4\text{O}_{12}$, при наложении области 28 – 30 ГПа на график зависимости давления от значения ионного радиуса R.

Литература

1. Melnikova N.V., et al. Synthesis and characterization of the new high pressure phases $\text{ACu}_3\text{V}_4\text{O}_{12}$ (A=Gd, Tb, Er)//High Pres. Res.2013.v.33, pp. 418-424.

© Устинова И.С., 2022 г.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МУЛЬТИФЕРРОИКОВ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ

Лупицкая Ю.А., Дугин А.Д.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Возросший в последнее время интерес к магнитоэлектрическим материалам (мультиферроикам) ввиду их широких возможностей для практического применения заставляет исследователей заниматься поиском сложных неорганических соединений, характеризующихся стабильной структурой и большим разнообразием физических свойств [1]. Такие материалы могут служить основой для разработки необходимых в современной СВЧ- и микроэлектронной технике функциональных приборов (фазовращателей, модуляторов электромагнитных волн, вентилей и элементов магнитной памяти) [2].

К числу уже хорошо изученных соединений, так называемых мультиферроиков I и II типа, на основе которых могут быть получены композиционные материалы для работы в устройствах СВЧ-диапазона, относятся керамические соединения феррониобата свинца и манганита лантана.

В настоящей работе проведены исследования по изучению структуры и свойств на различных стадиях синтеза образцов на основе различных типов мультиферроиков состава $PbFe_{0.5}Nb_{0.5}O_3$ и $La_{0.6}Sr_{0.4}MnO_3$, проведены измерения электродинамических характеристик в области СВЧ-излучения 7.5-12 ГГц: диэлектрической и магнитной проницаемости, коэффициента отражения и намагниченности в широком температурном интервале, включающем температуры фазовых переходов II рода, разработаны и апробированы методы измерений электрической и магнитной проницаемости при помощи плоских индуктивно-щелевых резонаторов, различных СВЧ-волноводов, постоянных и переменных магнитных полей.

Литература

1. Убушаева, Э.Н., Абдулвахидов, К.Г., Мардасова, И.В., Абдулвахидов, Б.К., Витченко, М.А., Амиров, А.А., Батдалов, А.Б., Гамзатов, А.Г. // Журнал технической физики, 2010, т. 80(11), с. 49-52.
2. Лупицкая, Ю.А., Филоненко, Е.М., Ромазев П.Е. // Журнал радиоэлектроники, 2021(10), doi.org/10.30898/1684-1719.2021.10.8.

© Лупицкая Ю.А., Дугин А.Д., 2022 г.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА ДИСУЛЬФИДА NAC₂ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТИОЛОВ

Албутова Ю.О., Кузина Л.Г., Берестова Т.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Оптимизация синтеза дисульфидов, обладающих биологической активностью, является важной и актуальной задачей современной фармацевтической химии.

Известно, что тиоловые (-SH) группы непосредственно реагируют с диметилсульфоксидом (ДМСО) с образованием дисульфидов, включающих -S-S-связь [1]. Дисульфидная -S-S-связь участвует в таких важных процессах, как образование и стабилизация белка, а также передача импульсного сигнала в клетки.

С целью получения биологически активных соединений с -S-S-связью на основе биологически активных тиолов, в настоящей работе была проведена оптимизация методики их синтеза. Реакцию проводили путем взаимодействия N-ацетил-L-цистеина (NAC) с ДМСО в мягких условиях [2] (таблица).

Таблица. Условия проведения реакций и выход димеров по S-S-связи

Реагенты	Соотношение реагентов	Температура, °С	Время реакции, ч	Выход, %
NAC:ДМСО	2:1	25	24	99
	2:1	25	3	96
	2:1,1	25	3	93
	2:0,9	25	3	99
	2,1:1	25	3	99
	1,9:1	25	3	87
	2:1	30	3	92

Синтез проводили в соответствии с уравнением реакции:



Установлено, что в данной реакции в качестве основного продукта реакции образуется димер по S-S-связи N-ацетил-L-цистин (NAC₂) с выходом, достигающим 99%.

Реакция NAC с ДМСО изучена в зависимости от условий проведения реакции (таблица). Показано, что соотношение реагентов 2:1 является наиболее оптимальным для проведения синтеза димера по S-S-связи.

Литература

1. Berestova, T.V., Nizametdinova, L.A., Lusina, O.V., Lobov, A.N., Mustafin, A.G. // Journal of Appl. Spectrosc., 2022, 89(1), pp. 18–23
2. Papanyan, Z., Markarian, S. // J. Appl. Spectrosc., 2013, v. 80(5), pp. 775–778.

© Албутова Ю.О., Кузина Л.Г., Берестова Т.В., 2022 г.

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ В СПЛАВЕ Al-3 %Cu В ПРОЦЕССЕ ТЕПЛОГО РКУП

Загитов Р.Р., Ситдииков О.Ш., Автократова Е.В., Маркушев М.В.
Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Исследована эволюция структуры в сплаве Al-3%Cu в процессе равноканального углового прессования (РКУП) при 150°C ($0.5T_{пл}$), приблизительно соответствующей температуре перехода от холодной к горячей деформации. Результаты работы обобщены следующим образом:

Как и при холодной деформации, на ранних стадиях теплового РКУП ($\epsilon=1-4$) происходило формирование развитой дислокационной структуры, состоящей из ячеек и полос микродвига. При $\epsilon=4-8$ последние выступали в качестве основных мест для формирования новых мелких зерен, в то время как первые постепенно трансформировались в равновесную субзеренную структуру, характерную для горячей деформации. Это было связано с тем, что РКУП обеспечивало достаточно времени для протекания диффузии. Также имело место ускорение диффузионных процессов за счет увеличения дефектности решетки и укрупнения выделений Al_2Cu , присутствующих в сплаве. Измельчение зерен происходило в соответствии с непрерывной динамической рекристаллизацией. Новые зерна формировались при взаимном пересечении полос микродвига, развивающихся в различных проходах РКУП, с последующим увеличением их количества и разориентировки. В результате при $\epsilon=8$ формировалась бимодальная структура с долей высокоугловых границ 0,5 и средней разориентировкой 24° , состоящая из областей новых зерен размером 1,2 мкм и более крупных фрагментов исходных зерен.

Наноразмерные выделения Al_2Cu , равномерно распределенные в структуре, взаимодействовали с дислокациями решетки и границами (суб)зерен, тем самым стабилизируя микроструктуру, развивающуюся в процессе РКУП. В частности, эти фазы ограничивали перераспределение дислокаций на большие расстояния, предотвращая их аннигиляцию, и препятствовали росту зерен. Следовательно, они были ответственными за трансформацию дислокационной структуры, приводящей к измельчению зерен даже при высокотемпературной деформации. С другой стороны, средний размер выделений увеличивался во время РКУП с 15 до 35 нм. Это облегчало преобразование ячеистой структуры в субзеренную, а также формирование новых зерен за счет ускорения динамического возврата в границах кристаллитов при средних и больших деформациях.

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

В СПЛАВЕ $\text{Ni}_{2.25}\text{Mn}_{0.75}\text{Ga}_{0.93}\text{Si}_{0.07}$

Р.Ю. Гайфуллин¹, И.И. Мусабилов¹, Сафаров И.М.¹,

Галеев Р.М.¹, Алиев А.М.², Гаджиев А.Б.²

¹Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

²Институт физики ДФИЦ РАН, г. Махачкала, Россия

Сплавы Гейслера в области мартенситного превращения обладают сочетанием таких уникальных функциональных эффектов как ферромагнитный эффект памяти формы, магнитокалорический эффект, гигантское магнитосопротивление и др. Существенным недостатком сплавов в монокристаллическом и поликристаллическом состоянии являются пониженные эксплуатационные свойства. При многократных циклах мартенситного превращения, образцы сплавов разрушаются вследствие накопления дефектов, формирующихся упругими напряжениями при фазовом превращении. Одним из способов повышения эксплуатационных свойств материала является деформационно-термическая обработка (ДТО). При этом необходимо учитывать тот факт, что обработка может снизить величины функциональных эффектов из-за изменения зеренной микроструктуры и уменьшения среднего размера зерна.

В данной работе представлены результаты исследования магнитокалорического эффекта в поликристаллическом сплаве $\text{Ni}_{2.25}\text{Mn}_{0.75}\text{Ga}_{0.93}\text{Si}_{0.07}$ в исходном литом состоянии и после ДТО методом всесторонней изотермическойковки (ВИК). Преимущество этого метода деформационной обработки заключается в более высокой плотности дислокаций, высоком уровне внутренних напряжений и необходимой микроструктуре в получаемом объемном слитке материала.

Как видно из рисунка пиковая величина МКЭ составляет $0,59^\circ\text{C}$ в магнитном поле 1,8 Тл при температуре $79,5^\circ\text{C}$. Чувствительность при этом составляет $0,33^\circ\text{C}/\text{Тл}$. В результатековки эта величина снижается до $0,55^\circ\text{C}$ при $63,9^\circ\text{C}$ ($0,31^\circ\text{C}/\text{Тл}$) и $0,50^\circ\text{C}$ при $67,9^\circ\text{C}$ ($0,28^\circ\text{C}/\text{Тл}$) для плоскостей YOX и YOZ соответственно. При этом наблюдается смещение пиковых значений МКЭ в область низких температур, что обусловлено смещением мартенситного превращения в результате ДТО. В целом величина МКЭ как в исходном, так и кованном состоянии являются не столь значительными для данных сплавов. Из литературных данных известно, что средняя величина эффекта составляет около $1^\circ\text{C}/\text{Тл}$

[1]. Однако положительным моментом является то, что в результате ВИК не наблюдается значительной деградации функционального эффекта.

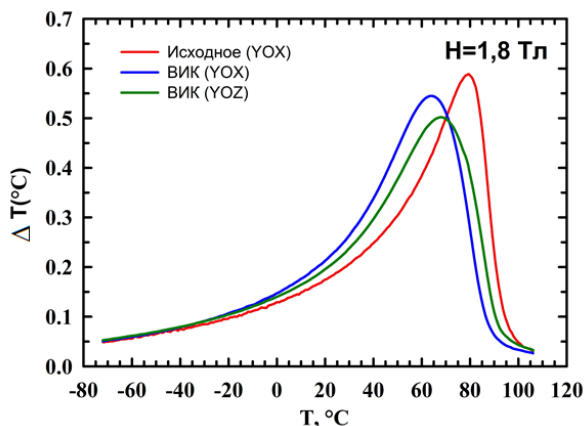


Рис. 1. Магнитокалорический эффект в поле 1,8 Тл в сплаве в исходном состоянии (красная линия), после ВИК на образцах, вырезанных во взаимно перпендикулярных плоскостях YOX (синяя линия) и YOZ (зеленая линия)

Литература

1. V.V. Khovaylo. Inconvenient magnetocaloric effect in ferromagnetic shape memory alloys. // J. Alloys Comp. 2013. V. 577, № 1. P. 362-366.

© Р.Ю. Гайфуллин, И.И. Мусабилов, Сафаров И.М.,
Галеев Р.М., Алиев А.М., Гаджиев А.Б., 2022 г.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ЕСТЕСТВЕННОГО СТАРЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1965

Терешкин В.В., Автократова Е.В., Крымский С.В.,
Ситдииков О.Ш., Маркушев М.В.

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Цель работы – изучить влияние интенсивной пластической деформации (ИПД), реализованной кручением под высоким давлением (КВД), и вылеживания при комнатной температуре на прочность высокопрочного алюминиевого сплава 1965 (Al-Zn-Mg-Cu-x).

Образцы диам. 20x1.5 мм, вырезанные из гомогенизированного слитка с размером зерна 21 мкм и содержащие однородно распределенные наноразмерные выделения алюминидов переходных металлов, были подвергнуты закалке, КВД от 0.1 до 10 оборотов при давлении 6 ГПа при комнатной температуре, и естественному старению от 1 до 500 часов. Часть образцов старили, не подвергая ИПД, а так же выдерживали под давлением без кручения.

Качественный и количественный анализ структуры матрицы и вторых фаз проводили на всех этапах обработки с использованием просвечивающей и растровой электронной микроскопии, и рентгеноструктурного анализа. Оценивали изменения твердости и параметров статической прочности при растяжении.

Реализация наноструктурирования матрицы и выделений при КВД сопровождалось непрерывным и более чем двукратным упрочнением сплава. При этом основной вклад вносило дислокационное упрочнение. После же вылеживания уровень прочности зависел и от предварительной степени деформации, и от длительности старения. Так твердость сплава после лишь давления и кручения до 1 об. непрерывно увеличивалась. В остальных состояниях перед упрочнением фиксировали разупрочнение. При этом уровень и длительность разупрочнения зависели от степени предварительной деформации. Обнаружено, что в результате старения прочность сплава после КВД до 5 и 10 об. практически выравнивалась.

Рассмотрена природа обнаруженных тенденций. Обсуждены механизмы трансформации структуры сплава в процессе обработки на двух структурных уровнях, а также роль выделений.

© Терешкин В.В., Автократова Е.В., Крымский С.В.,
Ситдииков О.Ш., Маркушев М.В., 2022 г.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СПЛАВА ЭП975 ПОСЛЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Степухов Е.М.^{1,2}, Галиева Э.В.¹, Классман Е.Ю.¹

¹Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Современные жаропрочные никелевые сплавы, в частности сплав ЭП975, имеют сложный химический состав, поэтому такие сплавы имеют низкую технологическую пластичность. Известно, что повысить пластичность можно посредством формирования в сплаве ультрамелкозернистой структуры [1]. В связи с этим настоящая работа посвящена изучению влияния деформационно-термической обработки на микроструктуру и свойства сплава ЭП975. Показано, что после деформационно-термической обработки сплава ЭП975 исходная мелкозернистая структура трансформируется в смешанную ультрамелкозернистую структуру типа субмикродуплекс с размером зерен и фаз менее 1 мкм. При этом, в структуре сплава сохраняются крупные выделения γ' -фазы, которые были унаследованы от исходной микродуплексной структуры, доля которых не превышает 30%.

Такая структура обеспечивает проявление эффекта низкотемпературной сверхпластичности, которая наблюдается в интервале температур 800-1000°C и скоростей деформации $5 \cdot 10^{-4}$ - 10^{-3} с⁻¹. При этом относительное удлинение достигает 1620 %, а коэффициент скоростной чувствительности напряжения течения n больше 0,3.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-79-00271.

Литература

1. Сверхпластичность ультрамелкозернистых сплавов: Эксперимент, теория, технологии / Р.Р. Мулюков, Р.М. Имаев, А.А. Назаров, В.М. Имаев, М.Ф. Имаев, В.А. Валитов, Р.М. Галеев, С.В. Дмитриев, А.В. Корзников, А.А. Круглов, Р.Я. Лутфуллин, М.В. Маркушев, Р.В. Сафиуллин, О.Ш. Ситдииков, В.Г. Трифонов, Ф.З. Утяшев; под ред. Р.Р. Мулюкова, Р.М. Имаева, А.А. Назарова, В.М. Имаева, М.Ф. Имаева. М.: Наука, 2014. 284 с.

© Степухов Е.М., Галиева Э.В.,
Классман Е.Ю., 2022 г.

ДИНАМИКА РЕШЕТКИ СУЛЬФИДА МЕДИ

Кутов А.Х., Сафаргалиев Д.И., Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Метод неупругого рассеяния медленных нейтронов позволяет получить экспериментальные данные по динамике ионной решетки [1]. В данной работе приводятся результаты исследований сульфида меди при температуре 300 К в несуперионной фазе. Динамический структурный фактор и обобщенные спектры неупругого рассеяния нейтронов в зависимости от переданной энергии ϵ приведены на рис. 1 для соединения Cu_2S .

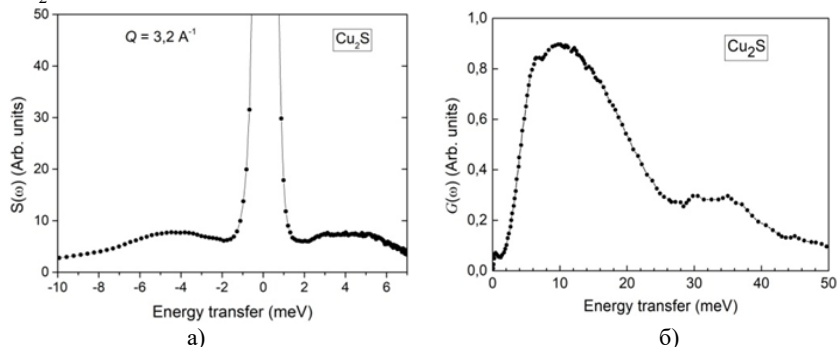


Рис. 1. Динамический структурный фактор (а), плотность фоновых состояний $G(\omega)$ соединения Cu_2S

Было установлено, что в несуперионной фазе наблюдается высокая плотность фононов и линейная зависимость $G(\omega)$ от частоты в области малых частот. Вид фоновнного спектра в несуперионном состоянии определяется совместным влиянием локального окружения атомов и взаимодействием подвижной и жесткой подрешеток, находящихся в динамическом равновесии и обусловлено ангармонизмом колебаний.

Работа выполнена при поддержке гранта 210/5-21 молодых ученых Республики Башкортостан.

Литература

1. Биккулова Н.Н., Горемычкин Е.А., Акманова Г.Р., Курбангулов А.Р., Биккулова Л.В., Сафаргалиев Д.И., Нигматуллина Г.Р., Алымов М.И. Динамика решетки теллуридов меди и серебра // Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2021, т. 500, № 1, с. 3-6.

© Кутов А.Х., Сафаргалиев Д.И.,
Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р., 2022 г.

ИЗУЧЕНИЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК ТЕЛЛУРИДА МЕДИ

Сафаргалиев Д.И., Кутов А.Х., Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Квантовые точки являются интересными объектами для исследования. Пространственное ограничение движения носителей заряда приводит к полностью дискретному спектру их состояний, в результате которого многие физические свойства квантовых точек становятся отличными от свойств объемных кристаллов. Перспективными материалами для создания квантовых точек могут быть теллуриды меди [1,2]. В настоящей работе с помощью программы Quantum Espresso проведены модельные расчеты зонной структуры наноточек теоретически смоделированных соединений теллурида меди Cu_5Te_4 , Cu_3Te_2 и Cu_7Te_4 . На рис.1 показана модель наноточки, рассчитанные зонная структура и электронная плотность состояний соединения Cu_3Te_2 .

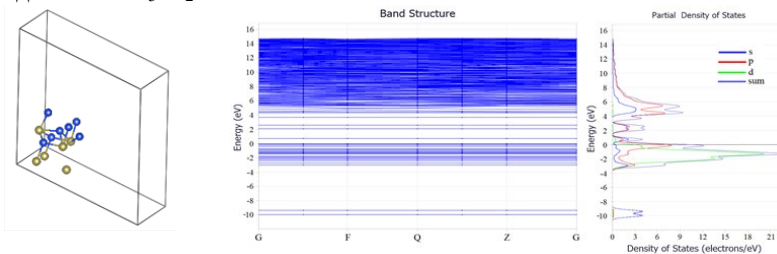


Рис. 1. Модель наноточки, зонная структура и плотность состояний Cu_3Te_2

Зонные структуры смоделированных наноточек теллуридов меди являются полностью дискретными, вид зонной структуры и ширина запрещенной зоны зависят от состава соединений и размера частиц.

Работа выполнена при поддержке гранта 210/5-21 молодых ученых Республики Башкортостан.

Литература

1. Kurbangulov A.R., Tsygankova L.V., Tikhonov E.V., Bikkulova N.N., Safargaliyev D.I., Nigmatullina G.R., Akmanova G.R. Model calculation of the phase diagram of Cu-Te // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2020, v.1008, p.012053.
3. Биккулова Н.Н., Горемычкин Е.А., Акманова Г.Р., Курбангулов А.Р., Биккулова Л.В., Сафаргалиев Д.И., Нигматуллина Г.Р., Алымов М.И. Динамика решетки теллуридов меди и серебра // Доклады РАН. Физика, технические науки. 2021, т. 500, № 1, с. 3-6.

© Сафаргалиев Д.И., Кутов А.Х., Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р., 2022 г.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ СКАНИРУЮЩАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СУЛЬФИДОВ МЕДИ $\text{Li}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$ ($x=0.10, 0.16, 0.18$)

Палымбетов Р.Ш.¹, Назаров К.С.², Балапанов М.Х.³, Кутербекоев К.А.¹

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
г. Астана, Казахстан

²Институт сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

³Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Сульфиды меди и их сплавы с щелочными металлами известны как перспективные термоэлектрические материалы [1 - 3]. Учитывая внутреннюю сверхнизкую решеточную теплопроводность, улучшение термоэлектрических характеристик в Cu_2S должно достигаться за счет улучшения его электротранспортных свойств. В работе [4] методом плавления-отжига была синтезирована серия образцов $\text{Cu}_{2-x}\text{Li}_x\text{S}$ с различным содержанием Li ($x = 0, 0.005, 0.010, 0.050$ и 0.100). При $x < 0.05$ образцы $\text{Cu}_{2-x}\text{Li}_x\text{S}$ получились стабильными и чистыми фазами при комнатной температуре, имеющими такую же моноклинную структуру, что и исходный Cu_2S . Электропроводность в образцах $\text{Cu}_{2-x}\text{Li}_x\text{S}$ значительно растет с увеличением содержания лития из-за увеличения концентрации носителей заряда. Максимальная добротность $zT = 0.84$ при 900 К получена в $\text{Cu}_{1.99}\text{Li}_{0.01}\text{S}$, что примерно на 133% лучше, чем в матрице Cu_2S . В работе [5] сообщили о максимальном $zT > 1.4$ для подобного по свойствам $\text{Li}_{0.09}\text{Cu}_{1.9}\text{Se}$ при 1000 К. В данной работе синтезированы образцы полупроводниковых сплавов $\text{Li}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$ ($x = 0.10, 0.16, 0.18$) и изучены фазовые переходы в них методом ДСК.

Образцы были синтезированы в расплаве смеси гидрооксидов NaOH и KOH около 165 °С. Фазовые переходы исследовались с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии на ДСК-калориметре DSC404 NETZSCH в атмосфере аргона. На рисунке 1 представлены кривые ДСК образцов.

Сильный термический эффект около 101 - 113 °С обнаружен у всех образцов, что соответствует высокому содержанию фазы моноклинного халькоцита в сплавах (фазовый переход в гексагональную фазу в бинарном Cu_2S происходит при 103 °С [2]). Происхождение эффектов при 341 и 316 °С неясно, в бинарном сульфиде меди они не наблюдаются. На кривых ДСК всех сплавов зафиксирован также эндотермический тепловой эффект в интервале 439 – 465 °С. Возможно, что на температуру

перехода повлияла нанокристалличность материала, так как по литературным данным он происходит при 437 оС [2].

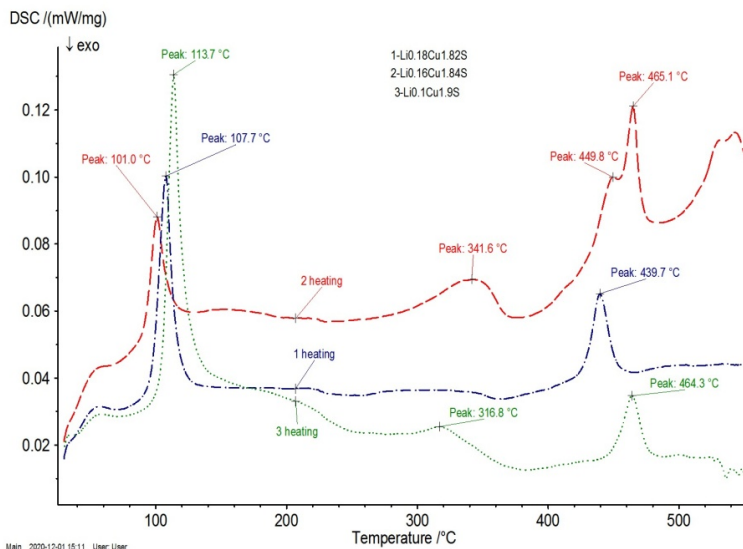


Рис. 1. ДСК - кривые образцов $\text{Li}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$ ($x=0.10, 0.16, 0.18$)

Литература

1. Qiu P., Zhu Y., Qin Y., Shi X., Chen L. Electrical and thermal transports of binary copper sulfides Cu_xS with x from 1.8 to 1.96. // *APL Mater.* 2016. V.4, 104805.
2. Kubenova M.M., Kuterbekov K.A., Balapanov M.Kh., Ishembetov R.Kh. et al. Some Thermoelectric Phenomena in Copper Chalcogenides Replaced by Lithium and Sodium Alkaline Metals. // *Nanomaterials.* 2021. V.11. P.2238 – 2286.
3. Балапанов М.Х., Ишембетов Р.Х., Кутербекков К.А. и др. Влияние дефектности катионной подрешетки на электронную термо-эдс в $\text{Li}_x\text{Cu}_{(2-x)-\delta}\text{S}$ ($x < 0.25$) // *Неорг. матер.*. 2014. Т. 50, №9. с.1006-1009.
4. Guan M., Qiu P., Song Q. et al. Improved electrical transport properties and optimized thermoelectric figure of merit in lithium-doped copper sulfides // *Rare metals.* – 2018. – Vol. 37. – P. 282-289.
5. Kang S.D., Rohls J-H., Aydemir U. et al. Enhanced stability and thermoelectric figure-of-merit in copper selenide by lithium doping // *Materials Today Physics.* – 2017. – Vol. 1. – P. 7-13.

© Палымбетов Р.Ш., Назаров К.С.,
Балапанов М.Х., Кутербекков К.А., 2022 г.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СУЛЬФИДА $\text{Li}_{0.15}\text{Cu}_{1.75}\text{S}$

Ахметгалиев Б.М.¹, Алина Р.М.², Балапанов М.Х.¹,Ишембетов Р.Х.¹, Кутербеков К.А.², Сайфуллина А.И.¹¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
г. Астана, Казахстан

Поиск новых эффективных материалов для термоэлектрических генераторов является одной из важнейших задач полупроводниковой электроники и альтернативной энергетики. Перспективными в этом отношении представляются суперионные полупроводниковые халькогениды, обладающие высокими термоэлектрическими характеристиками [1-7]. В данной работе для улучшения термоэлектрических свойств сульфида меди использовалось допирование литием и наноструктурирование материала.

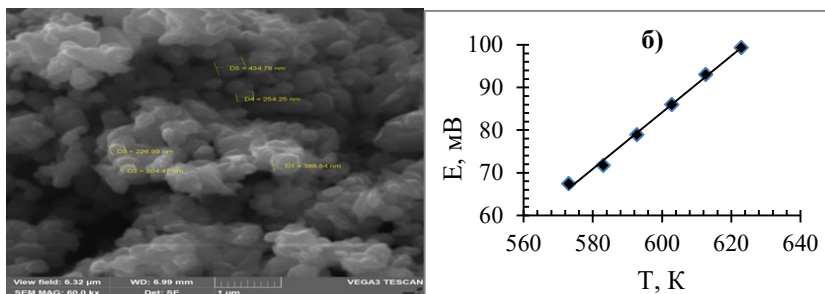


Рис. 1. Снимок порошка $\text{Li}_{0.15}\text{Cu}_{1.85}\text{S}$ на электронном микроскопе VEGA3 TESCAN (а), температурная зависимость э.д.с. электрохимической ячейки $\text{Cu}/\text{CuBr}/ \text{Li}_{0.15}\text{Cu}_{1.85}\text{S}/\text{C}$ (б)

Образцы $\text{Li}_{0.15}\text{Cu}_{1.85}\text{S}$ были синтезированы в смешанной среде гидроксидов NaOH и KOH при температуре 165 °С. Из полученного порошка с частицами 50-200 нм под давлением 3 т/см² были спрессованы прямоугольные таблетки размерами 3х3х20 мм и измерены одновременно температурные зависимости электронной проводимости и электронного коэффициента Зеебека, а затем - температурные зависимости теплопроводности. На рисунке 1а представлен снимок порошка $\text{Li}_{0.15}\text{Cu}_{1.85}\text{S}$ на электронном микроскопе VEGA3 TESCAN. Видно, что размеры частиц лежат в пределах 200-300 нм. Э.д.с. электрохимической

ячейки Cu/CuBr/ Li_{0.15}Cu_{1.85}S/C, представленная на рис. 16 имеет небольшие значения, что характерно для состава, близкого к стехиометрии (насыщению металлом).

На рисунке 2 показаны температурные зависимости электронной проводимости и электронного коэффициента Зеебека сплава Li_{0.15}Cu_{1.85}S.

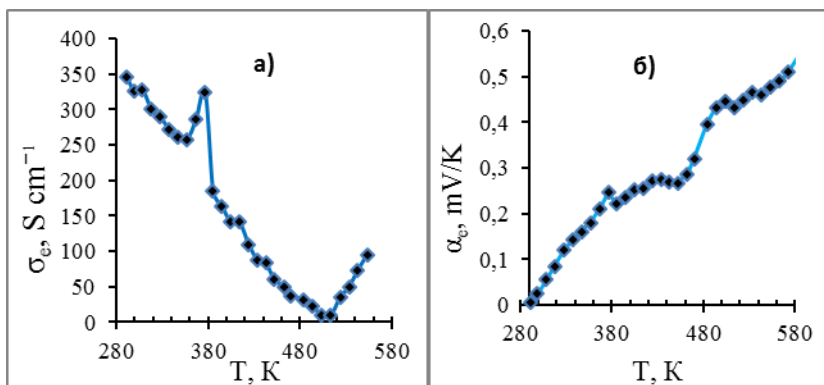


Рис. 2. Температурные зависимости электронной проводимости (а) и электронного коэффициента Зеебека (б) сплава Li_{0.15}Cu_{1.85}S

На графиках рис. 2 видно, что монотонный ход проводимости и коэффициента Зеебека нарушается при температуре около 376 К, что может быть связано с переходом из ромбоэдрической фазы в гексагональную фазу. Знак коэффициента Зеебека положительный, то есть проводимость дырочного типа. Рассчитанная из графика на рис.2а в интервале температур 523-553 К энергия активации дырок равна 0.88 эВ. Аномалия при 503 К также, по всей видимости, связана с фазовым переходом.

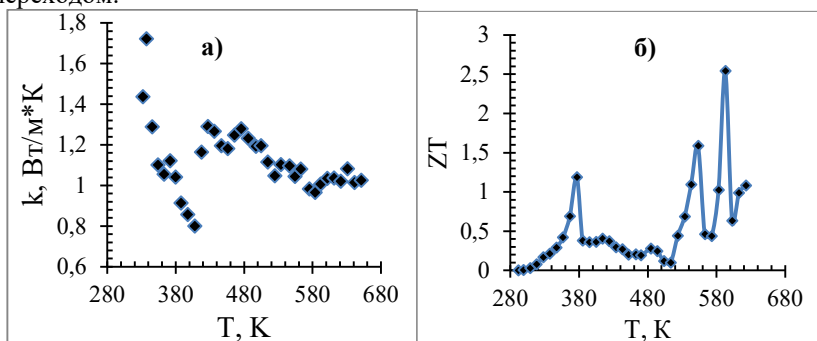


Рис. 3. Температурные зависимости теплопроводности (а) и термоэлектрической эффективности ZT (б) сплава Li_{0.15}Cu_{1.85}S

Теплопроводность сплава имеет низкие значения порядка $1 \text{ Вт м}^{-1}\text{К}^{-1}$ (рис.3а). По измеренным значениям проводимости σ , коэффициента Зеебека α и теплопроводности k была рассчитана температурная зависимость термоэлектрической эффективности $ZT = \alpha^2 \sigma T / k$, представленная на рис. 3б. Наблюдаются высокие пиковые значения $ZT > 1$, максимальное из которых $ZT = 2.54$ при 593 К. Это выше, чем полученное недавно в работе [8] $ZT = 0.84$ при 900 К для состава $\text{Li}_{0.01}\text{Cu}_{1.99}\text{S}$.

Литература

1. Qiu P., Shi X., Chen L. Cu-based thermoelectric materials // *Energy Storage Materials*. 2016. V.3. Pp. 85–97.
2. Kubenova M.M., Kuterbekov K.A., Balapanov M.Kh., Ishembetov R.Kh., Kabyshev A.M., Bekmyrza K.Zh. Some Thermoelectric Phenomena in Copper Chalcogenides Replaced by Lithium and Sodium Alkaline Metals. // *Nanomaterials*. 2021. V.11. Pp.2238 – 2286.
3. М. Х. Балапанов, И. Б. Зиннуров, К. А. Кутербекоев, Р. Х. Ишембетов, М. М. Кубенова, Р. А. Якшибаев. Влияние концентрации меди на электронную проводимость и коэффициент электронной термо-э.д.с. сплавов $\text{Li}_x\text{Cu}_{1.75-\delta}\text{Se}$ ($x \leq 0.25$) // *Вестник Башкирского университета*. 2017. Том 22, No. 1. С.41-47.
4. S. M. Sakhabayeva, M. Kh. Balapanov, K. A. Kuterbekov, R. Kh. Ishembetov, M. M. Kubenova, Sh. G. Giniyatova, S. A. Nurkenov, B. M. Akhmetgaliev, M. Kh. Zeleev, R. A. Yakshibaev, G. S. Seisenbayeva. Synthesis, X-ray phase analysis and differential thermal analysis of nanocrystalline superionic $\text{K}_x\text{Cu}_{1.85}\text{S}$ ($x < 0.05$) copper sulfides // *Eurasian Journal of Physics and Functional Materials*. 2022. Vol. 6 (1). Pp. 71-84.
5. Balapanov M. Kh., Ishembetov R. Kh., Kuterbekov K. A., Nurakhmetov T. N., Urazaeva E. K., Yakshibaev R. A. Influence of the cation sublattice defectness on the electronic thermoelectric power of $\text{Li}_x\text{Cu}_{(2-x)-\delta}\text{S}$ ($x \leq 0.25$) // *Inorganic Materials*. 2014. V. 50. No 9. Pp. 930-933.
6. Ishembetov R. Kh., Balapanov M.K., Yulaeva Y.K. Electronic Peltier effect in $\text{Li}_x\text{Cu}_{(2-x)-\delta}\text{S}$ // *Rus. J. Electrochem*. 2011. Vol. 47. Pp. 416-419
7. Balapanov M.K., Gafurov I.G., Mukhamed'yanov U.K., Yakshibaev R.A., Ishembetov R.K.. Ionic conductivity and chemical diffusion in superionic $\text{Li}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$ ($0 < x < 0.25$). *Phys Status Solidi B*. 2004. V. 241(1). P.114-119.
8. M.-J. Guan, P.-F. Qiu, Q.-F. Song, D.-D. Ren, X. Shi, L.-D. Chen, M.-J. Guan, Q.-F. Song, J. Yang. Improved electrical transport properties and optimized thermoelectric figure of merit in lithium-doped copper sulfides. // *Rare Met*. 2018. V. 37 (4). Pp. 282–289.

© Ахметгалиев Б.М., Алина Р.М., Балапанов М.Х., Ишембетов Р.Х., Кутербекоев К.А., Сайфуллина А.И., 2022 г.

СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ ГЕЙСЛЕРА

Саносян А.А., Соколовский В.В., Бучельников В.Д.

Челябинский государственный университет, Россия, г. Челябинск

Функциональные сплавы Гейслера на основе Co являются перспективными с точки зрения создания постоянных магнитов в силу их низкой стоимости и конкурентоспособности с современными постоянными магнитами на редкоземельных элементах, таких как (Dy, Nd). В связи с этим перед фундаментальной наукой стоит задача поиска новых высокоэнергетических без редкоземельных магнитотвердых материалов. Их уникальность объясняется высокими показателями намагниченности и магнитной анизотропии, благодаря сильному спин-орбитальному взаимодействию.

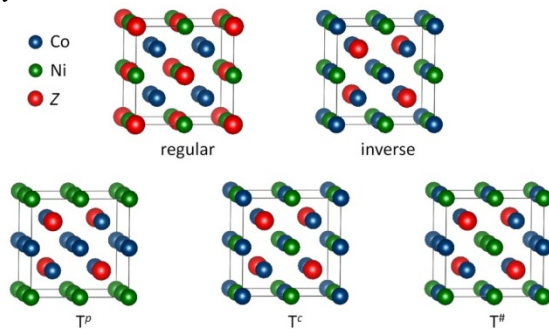


Рис. 1. (а) Прямая, (б) обратная, (в) B2-like, (г) T^P и (д) T^C структуры, использованные при моделировании

В связи с этим, в данной работе были выполнены первопринципные вычисления магнитной анизотропии кристаллической структуры сплавов Гейслера Co-Ni-X (X=Al, Ga.), для различных типов кристаллических структур (рис.1.), среди них T^P структура [1], с помощью теории функционала плотности, реализованной в программном пакете VASP (Vienna Ab initio Simulation Package), в приближении GGA-PBE [2].

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках госзадания № 075-01391-22-00.

Литература

1. Neibecker P. et al. Ordering tendencies and electronic properties in quaternary Heusler derivatives // Physical Review B. – 2017. – V. 96. – №. 16. – P. 165131..
2. Kresse G., Furthmüller J. // Physical Review B. 1996. V. 54. P. 11169.

© Саносян А.А., Соколовский В.В., Бучельников В.Д., 2022 г.

СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИКА»

УДК 536+550.3

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.130

ВЛИЯНИЕ ОСАЖДЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРИМЕСИ НА ПОТОК ФЛЮИДОВ В СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ

Карачурин А.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В результате разработки нефтяного пласта в продукции добывающих скважин возникают многофазные потоки. Кроме этого в результате разрушения призабойной зоны пласта или выноса проппанта, например, при выполнении гидроразрыва пласта по стволу скважины могут двигаться и механические примеси. (т.е. механические примеси представляют из себя сложную структуру, состоящую их парафино-смолистых отложений, мелких частиц горной породы и т.д.). Осаждение механических примесей на стенках скважины осложняют работу подземного оборудования и при благоприятных условиях осадконакопления. Возникает необходимость прогноза и анализа влияния осаждения механических примесей при проведении промыслово-геофизических исследований скважин. Механическая примесь в потоке флюида приводит к засорению датчиков измерительной системы. В данной работе приводится попытка учета осаждение механических примесей при термометрических исследованиях скважины.

Качественным признакам осаждения мех.примесей относится изменением градиентов и соответственно наличием термоаномалий за счёт изменения условий теплообмена, так как меняется коэффициента теплообмена, обусловленный:

- 1) увеличением теплопроводности стенки, вследствие осаждения мех.примесей;
- 2) проходное сечение уменьшается, соответственно скорость увеличивается, раз скорость увеличивается конвективный теплообмен уменьшается, это соответствует случаю при больших расходах.

Литература

1. Елькин Г.А. Движение жидкости по трубам. Зависимость давления жидкости от скорости её течения [Электронный ресурс]/ А.Г. Елькин. — Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/644/95218.php>. — (Дата обращения: 20.09.2022).

2. Валиуллин Р.А. Термогидродинамические исследования пластов и скважин нефтяных месторождений: учебное пособие/ Р.А. Валиуллин [и др.]. — Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. — 213 с.
3. Закиров М.Ф. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Исследование нестационарных термогидродинамических процессов в системе горизонтальная скважина/ М.Ф. Закиров. — Уфа: РИЦ БашГУ, 2006. — 139 с.

© Карачурин А.И., 2022 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОРАЗРЫВА СЛАБОПРОНИЦАЕМЫХ КАРБОНАТНЫХ ПЛАСТОВ

Галимов Р.А., Вахитова Г.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Информация о наличии трещин в карбонатных отложениях Оренбургской области позволяет спрогнозировать проницаемость пластов, продуктивность скважин при эксплуатации месторождений. Определение трещин в исследуемом разрезе может быть выполнено по спектрометрическому каротажу естественной радиоактивности (СГК) [1].

На основе построения прогнозной геологической модели трещиноватых карбонатных отложений турнейского яруса участка Балейкинского месторождения авторами сформулированы некоторые рекомендации для увеличения эффективности его разработки:

1) для повышения нефтеотдачи пласта Т1 с низкими фильтрационными свойствами выполнить гидроразрыв пласта (ГРП) в скважинах Х3, Х4.

2) запланировать бурение новых скважин с боковыми стволами Х5, Х6 с целью увеличения охвата высокопроницаемой части пласта Т1 в районе скважин Х1 и Х2.

Таким образом, на основании обработки данных СГК, выполненных расчетов и моделирования ГРП получены следующие результаты:

1. Построена прогнозная геологическая модель участка месторождения

2. Получена модель ГРП – карта раскрытия трещины карбонатного пласта

3. Был составлен план проектирования новых скважин с учетом рисков пересечения и технологических особенностей при бурении

Литература

1. Прогноз трещиноватости карбонатных отложений по результатам интерпретации спектрометрического гамма-каротажа / Г. Р. Вахитова, Р. А. Галимов, А. И. Гумерова, Г. Ф. Шайбекова // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2022. – № 6(366). – С. 11-16. – DOI 10.33285/2413-5011-2022-6(366)-11-16. – EDN GSPXXS.

© Галимов Р.А., Вахитова Г.Р., 2022 г.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН

Сабирова А.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Карбонатные породы характеризуются сложным геологическим строением, которое обусловлено наличием трещин и каверн и анизотропией физических свойств. Сложная структура порового пространства, высокое сопротивление и плотность карбонатных горных пород являются проблемой при оценке коллекторских свойств и характера насыщенности коллекторов.

Цель данной научной работы заключается в построении петрофизической модели определения связи между проницаемостью и пористостью карбонатных коллекторов и прогнозе нефтенасыщенности на исследуемом участке месторождения.

В результате работы получены корреляционные зависимости типа «кern-кern» (1) и «кern-ГИС» (2)

$$K_{\text{пр}} = 0,0061e^{0,632K_{\text{п}}}, R^2 = 0,8393, \quad (1)$$

$$K_{\text{пр}} = 0,0013e^{0,8047K_{\text{п}}}, R^2 = 0,8393, \quad (2)$$

на основе результатов интерпретации комплекса геофизических данных на участке шести пробуренных скважин Бaleyкинского месторождения.

Построены карты пористости, прогнозной проницаемости, нефтенасыщенности и карта эффективных нефтенасыщенных толщин.

Результаты работы имеют практическое значение на данном участке месторождения для дальнейшего контроля за разработкой, планирования гидравлического разрыва пласта и прогноза добычи нефти.

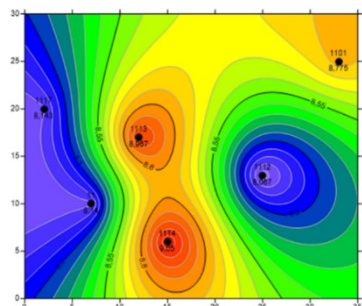


Рис. 1. Карта пористости

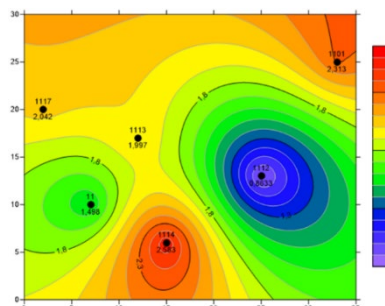


Рис. 2. Прогнозная карта

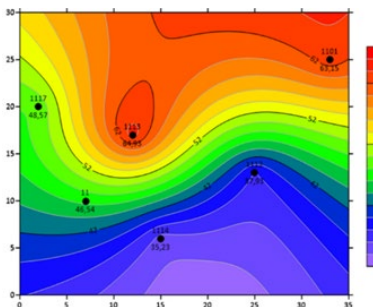


Рис. 3. Карта нефтенасыщенности

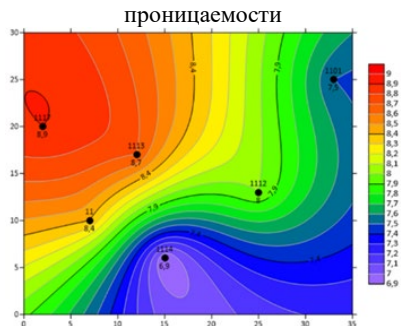


Рис. 4. Карта эффективных нефтенасыщенных толщин

Литература

1. Черепанов С.С. Исследование и совершенствование методов оценки трещиноватости карбонатных коллекторов (на примере турнефаменских отложений Соликамской депрессии): дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пермь, 2016 г. 110 с.

© Сабирова А.Р., 2022 г.

СЕКЦИЯ «ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА»

УДК 536.66

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.133

О ПОЛУЧЕНИИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ

Шарипов Р.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Климатическая повестка с таянием ледников, отступлением на север границы вечной мерзлоты, с сухими экстремально жаркими летними сезонами и обширными лесными пожарами диктует необходимость ограничения выбросов CO₂. Одним из способов такого ограничения является замена ископаемой нефти углеводородами искусственного происхождения из возобновляемого сырья. В работе [1] автором доклада совместно с И. Б. Манченковым была предложена технология восстановительного пиролиза для получения углеводородов из растительной биомассы. Она основана на термической деполимеризации (гидролизе водяным паром) целлюлозы, гемицеллюлоз, лигнина и полиэфирных соединений в составе растительной биомассы, последующей деоксигенации полученных веществ путём их восстановления монооксидом углерода и их гидрирования водородом. Монооксид углерода и водород в форме синтез-газа предлагается получать из части той же растительной биомассы при её сжигании с ограниченным доступом кислорода в присутствии водяного пара, который служит при этом источником водорода.

В докладе обсуждается термодинамика предлагаемых реакций, их катализ газообразным хлороводородом, диоксиновые риски, а также конструктивные особенности установок (печей) для осуществления предлагаемой технологии. Затрагивается экономическая сторона вопроса в свете затрат на тушение лесных пожаров и выгод от их предотвращения. Также обсуждается вопрос о применимости пищевых отходов и других, не подлежащих вторичному использованию, органических отходов в качестве сырья для предлагаемой технологии.

Литература

1. Шарипов Р.А., Манченков И.Б., *Об углеводородном топливе из растительной биомассы*, Доклады башкирского университета, 2021, Т. 6, № 5, С. 312-317, DOI: 10.33184/dokbsu-2021.5.3.

© Шарипов Р.А., 2022 г.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫТЕСНЕНИЯ ВОДЫ ГАЗОМ В МИКРОМОДЕЛИ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ С ТРЕЩИНОЙ И ЛОВУШКАМИ

Казина Л.З.^{1,2}, Мирзаянов А.А.^{1,2}, Ниценко В.А.²,
Питюк Ю.А.^{1,2}, Ломухин А.Ю.³

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

³АО «РОСПАН ИНТЕРНЭШНЛ», г. Новый Уренгой, Россия

Для выбора и обоснования эффективных составов для ограничения водопритока в газовые скважины необходимо понимание поведения многофазной системы на масштабе отдельных пор. В свою очередь капиллярные силы зависят от межфазного натяжения и смачиваемости. В рамках данной работы использовались методы вычислительной микрофлюидики с использованием платформы OpenFOAM для анализа влияния смачиваемости породы на особенности двухфазной фильтрации воды и газа в микромодели пористой среды с трещиной. Выбрана математическая модель, которая позволяет описать движение флюида в трещине уравнением Навье-Стокса, а в элементах пористой матрицы уравнением Дарси.

В работе рассматривалась модель с трещиной и ловушками. Проведен многопараметрический анализ вытеснения для гидрофобной и гидрофильной поверхности для различных режимов фильтрации. Обнаружено, что в случае непроницаемой стенки пористой среды для гидрофильной поверхности вытесняемая вода остается в «ловушках» трещины, в отличие от гидрофобной поверхности, где вода полностью вытесняется газом. В случае проницаемой стенки для гидрофобной поверхности наблюдается фильтрация газа в пористую среду и захват капель воды в трещине, в отличие от гидрофильной поверхности.

Таким образом, изменение смачиваемости с разными вытесняющими агентами приводит к изменению фильтрации газа и воды вдоль трещины и пористой среды. Результаты численного моделирования могут быть использованы для выбора эффективного агента для ограничения водопритока в газовые скважины.

Литература

1. Carrillo F.J. et al.: Multiphase flow modeling in multiscale porous media: an open-source micro-continuum approach. // J. Comput. Phys. V. X 8: 100073 (2020).

© Казина Л.З., Мирзаянов А.А., Ниценко В.А.,
Питюк Ю.А., Ломухин А.Ю. 2022 г.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНДЕНСАТНОЙ БАНКИ В НИЗКОПРОНИЦАЕМОМ ГАЗОВОМ ПЛАСТЕ В СКВАЖИНЕ С ТРЕЩИНОЙ ГРП

Нищенко В.А.¹, Давлетбаев А.Я.^{1,2}, Ишкин Д.З.¹

¹ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Образование «конденсатной банки» происходит вследствие конденсации жидких углеводородов и последующей их аккумуляции в призабойной зоне продуктивного пласта. Уменьшение производительности газовых скважин по этой причине отмечалось на отдельных месторождениях. Поэтому возникает необходимость исследования основных причин изменения продуктивности скважин с гидроразрывом пласта (ГРП) в низкопроницаемых газоконденсатных пластах [1].

В данной работе для исследования свойств конденсатной банки построены композиционные модели: одна со скважиной с трещинной ГРП и вторая – с вертикальной скважиной без ГРП. При моделировании добычи газа из пласта отмечалось образование «конденсатной банки» в околоскважинной области. При этом проведено сравнение образовавшихся конденсатных банок при разных режимах работы скважин. Показано, что по мере интенсивного снижения пластового давления отмечается накопление конденсата в околоскважинной зоне.

Проведен анализ синтетических КВД в остановленной скважине после этапа добычи газа с образованием «конденсатной» банки. По Log-Log графику КВД по скважинам без ГРП в симуляторе ГДИС «РН-ВЕГА» радиус конденсатной банки достигает ~70 м. При этом пьезопроводность в околоскважинной области (в скважине без трещины ГРП) уменьшается от 2 до 5 раз и на расстояниях до ~ 4 метров от скважины. Также были смоделированы синтетические КВД для скважины с трещиной ГРП. Однако в этом случае признаки конденсатной «банки» на Log-Log графике не диагностируются. При интерпретации этих синтетических КВД отмечено, что безразмерная проводимость трещины ГРП снижается (до 30%) при накоплении конденсата в трещине ГРП.

Литература

1. Сидоров А.В., Промзелев И.О., Туленков С.В., Семенов В.Н. Оценка влияния "конденсатной банки" на продуктивность скважины с гидроразрывом пласта ачимовских отложений // Нефтяное хозяйство, 2010, № 5, С. 87 – 89.

© Нищенко В.А., Давлетбаев А.Я., Ишкин Д.З., 2022 г.

СИЛЬНОЕ ГРАВИТАЦИОННОЕ ЛИНЗИРОВАНИЕ В СЛУЧАЕ СФЕРИЧЕСКИ СИММЕТРИЧНЫХ РЕГУЛЯРНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧЕРНЫХ ДЫР

Ганиева Д.И., Гесс Д.-Л.З.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Явление гравитационного линзирования, заключающееся в искривлении световых лучей, проходящих вблизи массивных объектов, было предсказано общей теорией относительности и стало одним из ее блестящих подтверждений. В настоящее время особый интерес представляют компактные сверхмассивные объекты – например, черные дыры, позволяющие исследовать эффекты линзирования в сильных гравитационных полях. В частности, в работе [1] и в других работах этого коллектива авторов был подробно разработан математический аппарат, благодаря которому можно рассчитать ряд важных параметров, включая угол отклонения световых лучей в зависимости от гравитирующей массы. Указанный подход был исчерпывающе расписан для произвольных статических сферически-симметричных метрик, а также успешно применен к черным дырам Райснера-Нордстрёма. В ряде работ внимание уделено голой сингулярности, или случаю пространства-времени без горизонта [2].

Нашей целью является изучение гравитационного линзирования для случая сферически симметричных регулярных заряженных черных дыр с $0 < b \leq b_E$, свойства которых детально описаны в [3], и сравнение полученных параметров с рассчитанными для пространства-времени без горизонта ($b > b_E$). Здесь b – дополнительный параметр, описывающий заряд, и его значение $b = b_E = 0.226$ соответствует граничному случаю, когда горизонт исчезает. Помимо этого, на примере сверхмассивных черных дыр Sgr A* и M87* мы сравним наблюдаемые характеристики регулярных заряженных и обычных шварцшильдовских черных дыр.

Отдельный интерес представляет оценка значения электрического заряда: к примеру, данные обсерватории «Чандра» позволили получить для Sgr A* значение $Q \leq 3.1 \times 10^8$ Кл. В работе мы планируем воспользоваться данными телескопа горизонта событий (Event Horizon Telescope, EHT), чтобы проверить, возможна ли более точная оценка. Вращающиеся регулярные заряженные черные дыры и соответствующее им пространство-время без горизонта согласуются с наблюдениями EHT. Они неотличимы от керровских черных дыр в некоторых

параметрических пространствах, и их вполне можно считать кандидатами на эту роль. Мы проанализировали вклад в некоторые параметры линзирования членов более высокого порядка, а именно гравитомагнитные слагаемые, учитываемые в потенциале линзы. Оказывается, гравитомагнитные эффекты возникают из-за потоков массы в линзе и в определенных случаях могут наблюдаться на практике в недалеком будущем. Это дает инструмент, позволяющий уточнить ряд параметров как для обыкновенных, так и для сверхмассивных черных дыр.

Литература

1. Strong Field Limit of Black Hole Gravitational Lensing // V. Bozza, S. Capozziello, G. Iovane, G. Scarpetta / *General Relativity and Gravitation*. – Vol. 33. – 2001. – Pp. 1535–1548
2. Gravitational Lensing by Rotating Naked Singularities in the Equatorial Plane // G. Gylchev, S. Yazadjiev / *AIP Conference Proceedings*. – Vol. 946. – 2007.
3. Regular electrically charged vacuum structures with de Sitter centre in nonlinear electrodynamics coupled to general relativity // Irina Dymnikova / *Classical and Quantum Gravity*. – Vol. 21, №18. – 2004.

© Ганиева Д.И., Гесс Д.-Л.З., 2022 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДАВЛЕНИЯ В СКВАЖИНЕ С ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Сулейманов Р.Р., Хисамов А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

При разработке месторождений для интенсификации добычи нефти, увеличения темпов выработки запасов, а также вовлечения в разработку отдельных зон пласта в настоящее время широко применяется гидроразрыв пласта (ГРП). Наличие трещины ГРП изменяет структуру течения жидкости к скважине, усложняя зависимости параметров режима работы скважины от времени. Описание работы скважины с трещиной ГРП в условиях нестационарной фильтрации дается в работе [1], где впервые был введен так называемый билинейный режим течения. А именно, в этой работе была получена аналитическая зависимость забойного давления в скважине от времени. Более всеобъемлющее описание работы скважины дано в работе [2], где получены аналитические зависимости давления жидкости от времени не только на забое скважины, но и в трещине, а также в пласте. Однако, в данных работах учитывается только один режим работы скважины, а именно работа с постоянным дебитом. В работе [3] получены решения, позволяющие описывать связь между расходом жидкости и изменением давления в трещине при переходных режимах работы скважины.

В настоящей работе в отличие от [1,2], рассматривается случай переменного дебита скважины, а именно, скважина работает в течение промежутка времени $0 < t < t_1$ с постоянным дебитом, при $t = t_1$ – останавливается, то есть при $t > t_1$ дебит равен нулю. Такая интерпретация дебита позволила найти следующую аналитическую зависимость давления в скважине от времени в периоды эксплуатации и остановки скважины:

$$P_0 - P_f = 1,1032 \frac{Q\mu}{h_r \sqrt{k_r k_f} \sqrt{w_f}} \chi_r^{\frac{1}{4}} \left[t^{\frac{1}{4}} - (t - t_1)^{\frac{1}{4}} \right]. \quad (1)$$

Здесь P_0 – пластовое давление, P_f – давление на забое скважины, Q – дебит скважины, μ – вязкость жидкости, χ_r – коэффициент пьезопроводности пласта, h_r – толщина пласта, k_r – проницаемость пласта, k_f – проницаемость трещины, w_f – полуширина трещины, t – текущее время, t_1 – время остановки скважины.

Полученная зависимость может применяться для анализа такого вида гидродинамических исследований как кривая восстановления давления

(КВД). Поэтому была также поставлена задача апробирования полученной зависимости путем сравнения результатов, полученных по формуле (1), и результатов, полученных моделированием кривых падения давления (КПД) и КВД в гидродинамическом симуляторе, при прочих возможных равных условиях. В частности, на рис. 1 показано сравнение КПД и КВД, полученных по формуле (1) и в симуляторе при фиксированной безразмерной проводимости ($F_{CD}=0,5$). В данном симуляторе численно моделируется двумерное течение жидкости в пласте, в то время как формула (1) основана на предположении одномерности этого течения.

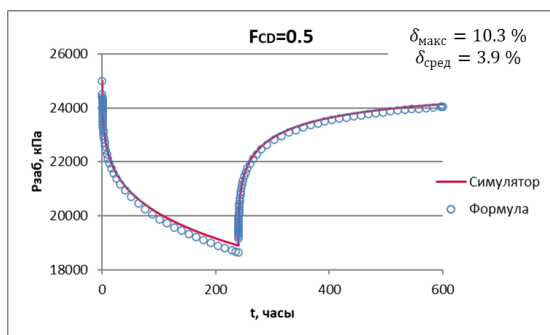


Рис. 1. Сравнение зависимостей забойного давления от времени

В результате были найдены границы применимости формулы (1) при анализе данных КВД для различных параметров трещины и пласта (безразмерная проводимость, проницаемость пласта, полудлина трещины) – вертикальные скважины с вертикальными трещинами ГРП с безразмерной проводимостью в диапазоне от 0,5 до 25 и достаточно большой полудлиной трещины (не менее 100 м).

Литература

1. Cinco-Ley H., Samaniego V.F. Transient Pressure Analysis for fractured wells // J. Petrol. Technol. – 1981. –V.33, N9. – P. 1749-1766.
2. Хабибуллин И.Л., Хисамов А.А. Нестационарная фильтрация в пласте с трещиной гидроразрыва // Механика жидкости и газа», Известия Российской академии наук, номер 5, 2019 г. С. 6-14.
3. Шагапов В.Ш., Башмаков Р.А., Фокеева Н.О. Особенности фильтрации флюидов в коллекторах, подверженных гидроразрыву пласта, при переходных режимах работы скважины // «Прикладная механика и техническая физика», Издательство Сибирского отделения Российской академии наук, выпуск 3, 2022 г. С. 117-127.

© Сулейманов Р.Р., Хисамов А.А., 2022 г.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ КЕРАМИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ ПРИ СПЕКАНИИ

Фаткуллина Н.Б.^{1,2}, Солнышкина О.А.^{1,2}, Булатова А.З.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия

Процесс изготовления керамических изделий включает в себя: проектирование 3D-модели, печать изделия и многостадийное спекание, протекающее при высоких температурах. Численное моделирование спекания важно для прогнозирования изменения формы, объема и размеров готового керамического изделия. В рамках данной работы для расчетов применялась модель вязкого спекания, реализованная в трехмерном случае методом конечных элементов. Исследовался трехстадийный процесс спекания керамического параллелепипеда 45×4×3 мм: нагрев до максимальной температуры со скоростью 200°C в час, отстаивание в течение 1 часа и охлаждение со скоростью 100°C в час.

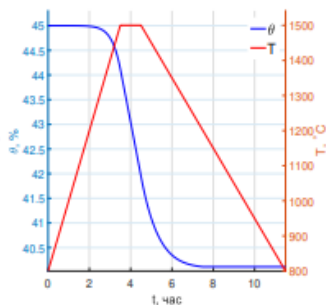


Рис. 1. Графики зависимости пористости и температуры от времени

Проведено исследование изменения пористости изделия в процессе спекания (рис. 1). Рассмотрены два варианта расчета изменения сдвиговой вязкости, подобраны материальные константы для материала на основе порошка оксида алюминия. Таким образом, предложенная модель может быть выбрана за основу для дальнейшей разработки более комплексного подхода к прогнозированию процесса спекания, в том числе с учетом анизотропии.

Исследование выполнено в рамках гранта Республики Башкортостан для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых.

© Фаткуллина Н.Б., Солнышкина О.А., Булатова А.З., 2022 г.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ КАНАЛА НА ТЕЧЕНИЕ ТЕРМОВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Мухутдинова А.А.

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН

В работе рассматривается течение термовязкой несжимаемой жидкости в кольцевом канале, на стенках которого задано граничное условие Дирихле. Вязкость жидкости зависит от температуры [1-2]. Математическая модель состоит из уравнения неразрывности, Навье-Стокса и уравнения для температуры, записанные в цилиндрической системе координат с учетом осевой симметрии. Уравнения математической модели решались численно с использованием метода контрольного объема и алгоритма SIMPLE [3], модифицированного для учета переменного коэффициента вязкости. Оригинальный компьютерный код реализован на языке программирования C++ в кроссплатформенной среде разработки Qt Creator.

В результате численного моделирования получены поля скорости, температуры и вязкости при течении термовязкой жидкости в различных кольцевых каналах. Исследовано влияние геометрии на процесс установления потока жидкости и расход жидкости.

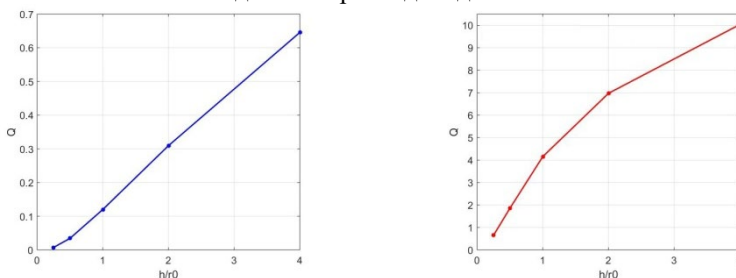


Рис. 1. Зависимость расхода жидкости от геометрического параметра

Литература

1. Патанкар С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. // М.: МЭИ, 1984. — 145 с.
2. Урманчеев С. Ф., Киреев В. Н. Установившееся течение жидкости с температурной аномалией // Доклады Академии наук. 2004. Т. 396. № 2. С. 204-207.
3. Кулешов В. С., Моисеев К. В., Урманчеев С. Ф. Изолированные режимы течений при конвекции аномально термовязкой жидкости в плоской ячейке // Прикладная математика и механика 2019. Т. № 3. С. 460-470.

© Мухутдинова А.А., 2022 г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТЕЙ И ИХ СМЕСЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Г.И. Мухарямова, Р.Р. Зиннатуллин, В.Н. Киреев, Л.А. Ковалева
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Из практики эксплуатации магистральных нефтепроводов известно, что одним из основных параметров существенно влияющих на режим работы оборудования является вязкость продукции. Вследствие удаленного расположения месторождений и экономической нецелесообразности строительства индивидуального для каждого месторождения нефтепровода, трубопроводный транспорт большинства нефтей осуществляется в смеси, и актуальным становится прогнозирование и мониторинг ключевых, с гидравлической точки зрения, параметров этой смеси. В данной работе выполнено экспериментально-аналитическое исследование возможности применения существующих методик для расчетов вязкости смеси нефтей. С этой целью выполнены экспериментальные измерения вязкости смеси высокосернистой (содержание серы которой 3,5%) и сернистой (1,1%) нефтей при различных концентрациях высокосернистого компонента в смеси с помощью вискозиметров: ротационного Brookfield DV II Pro и капиллярного типа ВНЖ. Полученные значения сравнены с значениями вязкостей, рассчитанными по формулам: Кендалла-Монроэ. Кендалл и Монроэ; Аррениуса; Вальтера; Ш.Н. Ахатова, Л.С. Абрамзона, Р.Г. Исхакова, П.И. Тугунова, а также с применением уравнения [2] полученного экспериментальным путем специально для исследованных нефтей. Аналогичные исследования проведены для тех же нефтей и их смеси после их высокочастотной (ВЧ) электромагнитной (ЭМ) обработки.

В результате выявлено, что формулы Кендалла-Монроэ, Аррениуса и уравнение регрессии дают достаточно точные результаты расчетов вязкости смеси сернистых нефтей. Максимальная погрешность расчетов по ним составила 7% для смеси необработанных нефтей и 9% для нефтей после ВЧ ЭМ обработки. Удобство данных формул заключается в том, что для расчетов по ним нет необходимости замерять дополнительных данных, достаточно знать вязкости смешиваемых компонентов и их концентрации при одной и той же температуре.

Наиболее точные результаты позволяет получить уравнение регрессии, максимальная погрешность расчетов по нему составила всего лишь 5,8 % и 5,5 % соответственно, но расчет по этой методике требует

дополнительных измерений, в частности замеров плотности смеси и содержания серы в смеси, что не всегда удобно осуществлять на практике.

Расчеты же по уравнению Ш.Н. Ахатова Л.С. Абрамзона, Р.Г. Исхакова, П.И. Тугунова и методу Вальтера показали достаточно большие погрешности.

Дополнительно к вышеизложенному, в результате исследований выявлено, что ВЧ ЭМ воздействие частоты 13,56 МГц на сернистую и высокосернистую нефти и их смесь приводит к уменьшению коэффициентов динамической вязкости нефтей не менее чем в 1.5 раза в диапазоне температур 1 до 30 С°[3]. Данный интервал температур соответствует температурам эксплуатации магистральных нефтепроводов.

Полученные в рамках проведенных обширных экспериментально-аналитических исследований результаты применения существующих методик для расчетов вязкости смеси нефтей с оценкой влияния ВЧ ЭМ методов воздействия на вязкость смеси сернистой и высокосернистой могут найти широкое применение в производственной практике.

Литература

1. Евлахов С. К. Исследование процесса компаундирования нефти в системе магистрального транспорта ОАО " АК" Транснефть". – 2003
2. Baykova L. R., Garris N. A., Karimova G. I. Multiple regression model for determining and predicting the viscosity of crude oils mixture //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Т. 272. – №. 2. – С. 022154.
3. Ковалева Л. А., Мухарямова Г. И. Влияние электромагнитной обработки на реологические свойства нефти: эксперимент и приложение //Инженерно-физический журнал. – 2021. – Т. 94. – №. 3. – С. 734-740.

© Г.И. Мухарямова, Р.Р. Зиннатуллин,
В.Н. Киреев, Л.А. Ковалева, 2022 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТУПЕНЧАТОГО ТЕСТА В НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ С ТРЕЩИНОЙ САМОПРОИЗВОЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Адельгужина Э.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия,

ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

В данной работе выполнено численное моделирование ступенчатого теста в нагнетательной скважине с самопроизвольным развитием трещины (автоГРП), которая возникает при превышении давления закачки над минимальными горизонтальными напряжениями (давлением смыкания трещины) [1]. Моделирование выполнено для ступенчатого теста с одинаковыми длительностями закачки (по 1 сутки на каждом режиме) и при различных проницаемостях пласта. В результате моделирования установлено, что точка пересечения (давление смыкания трещины автоГРП) прямолинейных участков по режимам выше и ниже давления смыкания трещины достовернее определяется для коллектора большей проницаемостью пласта.

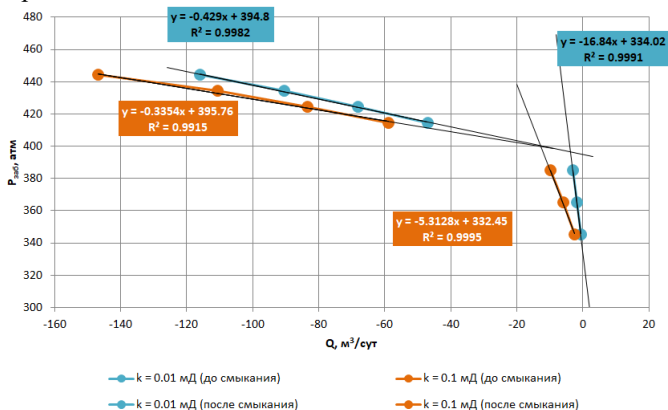


Рис. 1. Зависимости расхода закачиваемой жидкости от давления закачки в скважине при различных проницаемостях пласта $0.01 \cdot 10^{-15}$ и $0.1 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$

Литература

1. Давлетбаев А.Я., Мухаметова З.С. Моделирование закачки жидкости в скважину с развитием трещины гидравлического разрыва пласта. Инженерно-физический журнал. 2019. Т.92. №4. С. 1074 – 1082.

© Адельгужина Э.М., 2022 г.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ КАПЕЛЬ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ ЭМУЛЬСИИ В ПОЛЕ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

Юлмухаметова Р.Р., Мусин А.А., Ковалева Л.А.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Применение гравитационного расслоения водонефтяной эмульсии широко распространено в переработке добываемой продукции в нефтегазодобывающей отрасли. Математическим моделированием оседания капель одной жидкости в другой активно занимаются как отечественные, так и зарубежные исследователи. Однако в подавляющем большинстве работ рассматриваются капли одного размера, тогда как в реальной эмульсии всегда наблюдается распределение по размерам [1].

В данной работе проводится численное исследование гравитационного расслоения полидисперсной эмульсии в прямоугольной ячейке. Математическая модель изотермического расслоения эмульсионной системы, которая учитывает полидисперсность эмульсии с использованием многомерного квазимонодисперсного подхода, предполагает разделение полидисперсной системы на несколько подсистем. Разбиение по размерам осуществлено по методике, построенной на основе результатов экспериментальных исследований [2]. Система уравнений математической модели решена методом контрольного объема в программном пакете OpenFOAM.

По результатам численного моделирования получены кривые распределения капель эмульсии по размерам на разной глубине отбора проб в процессе осаждения. Сравнительный анализ результатов математического моделирования и экспериментальных данных продемонстрировал хорошее согласование.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-11-00298.

Литература

1. Сюняев З.И. Нефтяные дисперсные системы / З.И. Сюняев, Р.З. Сафиева, Р.З. Сюняев. М.: Химия, 1990. 226 с.
2. Valliullina V.I., Mullayanov A.I., Musin A.A., Kireev V.N., Kovaleva L. A. Experimental and numerical study of gravitational sedimentation of the polydisperse water-in-oil emulsion// Journal of Physics: Conference Series 1675. 2020. 012025.

© Юлмухаметова Р.Р., Мусин А.А., Ковалева Л.А., 2022 г.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫНУЖДЕННОЙ
КОНВЕКЦИИ ЭМУЛЬСИИ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ КАНАЛЕ**

Аюпов А.Р., Валиуллина В.И., Мусин А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Процессы теплопереноса играют исключительно важную роль в природе и современной технике. В связи с этим исследование режима переноса в зависимости от физико-химических параметров является важной задачей при описании конкретных явлений. Среди них особое место занимает вынужденная конвекция. Данный процесс зачастую используется в различных системах, таких как оптимизация поверхности аппаратов для улучшения теплопереноса, канал охлаждения, ядерная энергетическая система. В частности, вынужденная конвекция имеет место и в нефтяной промышленности, а именно при транспортировке и перекачке нефти [1].

В настоящей работе был исследован процесс возникновения и развития течения эмульсионной системы в прямоугольном канале при вынужденной конвекции. Была собрана экспериментальная установка, состоящая из прямоугольной ячейки, имеющей отверстия для притока и оттока жидкости. Приток осуществлялся с помощью шприцевого насоса. Объектом исследования являлась модельная эмульсия типа «вода в масле», стабилизированная поверхностно-активным веществом Span80. В качестве дисперсионной среды было использовано вазелиновое масло. Процесс течения дисперсионной системы в прямоугольной ячейке фиксировался на фотокамеру каждые 10 с. Обработка и анализ полученных данных происходили методом PIV (Particle Image Velocimetry).

В результате исследования были получены картины течения и распределения скоростей эмульсии в зависимости от расхода эмульсионной системы на входе в канал. Обнаружено, что с увеличением расхода жидкости, ее статистические характеристики: средняя скорость и отдельные ее компоненты, значения завихренностей пропорционально увеличиваются.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №19-11-00298).

Литература

1. Коробицына М. А. Нормализация параметров микроклимата за счет снижения теплопоступлений при транспортировке нефтесодержащей продукции в буровых галереях нефтяных шахт : дис. – Санкт-Петербургский горный университет, 2019.

© Аюпов А.Р., Валиуллина В.И., Мусин А.А., 2022 г.

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫТЕСНЕНИЯ МАСЛА В ПОРИСТЫХ МОДЕЛЯХ С КОНТРОЛИРУЕМОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

Фазлетдинов С.У.¹, Питюк Ю.А.^{1,2}, Муллаянов А.И.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

Для выбора эффективного агента, увеличивающего нефтеотдачу пласта, необходимо понимание протекающих в моделях с контролируемой геометрией порового пространства фильтрационных процессов. К таким моделям относятся насыпные пористые среды, которые могут быть изготовлены на основе различных частиц. Такие модели нашли широкое применение в исследованиях, так как данные модели являются идеализированными 2D пористыми средами. В данной работе исследованы два агента вытеснения: вода и мицеллярный раствор. Особенностью мицеллярного раствора является то, что они способны образовывать микроэмульсии за счет захвата жидкости в своих центрах. А микроэмульсии в свою очередь уменьшают коэффициент поверхностного натяжения, что способствует увеличению коэффициента нефтеотдачи.

Для численного моделирования использовался пакет OpenFOAM с многомасштабным решателем hybridPorousInterFoam [1]. Для описания двухфазной фильтрации в насыпных моделях рассматривалась модель Дарси с ОФП, удовлетворяющими модели Brooks&Corey [2].

Были проведены серии расчетов для вытеснения вазелинового масла с динамической вязкостью 60 сПз и плотностью 800 кг/м³ агентом вытеснения на водной основе (вода и мицеллярный раствор) с вязкостью 1 сПз и плотностью 1000 кг/м³, соответствующих экспериментальным данным. На рисунке 1 представлены результаты численного расчета и эксперимента вытеснения масла мицеллярным раствором. Из результатов мы видим, как при фильтрации образуются многочисленные тонкие вязкие пальцы в узких поровых каналах, что увеличивает охват пористой среды. Это связано с уменьшением коэффициента поверхностного натяжения за счет образования на межфазной поверхности микроэмульсий. Также были проведены многопараметрические расчеты при нескольких режимах фильтрации и ОФП.

Результаты проведенной работы показывают, что предложенный подход для изучения фильтрации в насыпных моделях с контролируемой геометрией можно использовать для выбора эффективного агента вытеснения с целью увеличения нефтеотдачи пласта.

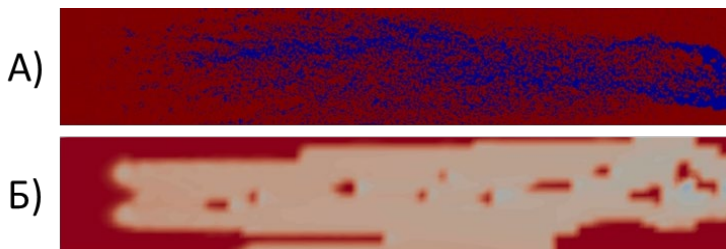


Рис. 1. Результаты численного (а) и лабораторного эксперимента (б) вытеснения масла мицеллярным раствором

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ грант № 21-79-10212.

Литература

3. Carrillo F.J., Bourg I.C., Soulaine C. Multiphase flow modeling in multiscale porous media: An open-source micro-continuum approach // *Journal of Computational Physics*. 2020. V. X. 8:100073.
4. R. H. Brooks, A. Corey. Hydraulic Properties of Porous Media and Their Relation to Drainage Design // *Transactions of the ASABE*. 1964.

© Фазлетдинов С.У., Питюк Ю.А.,
Муллаянов А.И., 2022 г.

АНАЛИЗ МЕЖСКВАЖИННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕТОДАМИ MLR И CRMIP

Ефимова М.В.^{1,2}, Фахреева Р.Р.¹, Питюк Ю.А.¹

¹ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Важной особенностью процесса разработки месторождения являются определение наличия гидродинамических связей скважин, которые играют ключевую роль в ряде производственных задач. Анализ взаимовлияния, с помощью которого можно определить связи между скважинами, основывается на рассмотрении динамических данных эксплуатации группы скважин. На сегодняшний день с целью автоматизации рутинных работ при проведении анализа рассматривают методы, не требующие геологических и гидродинамических моделей. Целью работы является определение взаимовлияющих скважин на основе учета данных по давлению/расходам группы скважин.

В данной работе рассматривается участок месторождения А и оценивается влияние возмущающей нагнетательной скважины YY31 на реагирующие добывающие скважины XX03, XX04, XX07, XX32, XX003 методами Multivariate Linear Regression (MLR) и Capacity-Resistance Model Injector-Producer (CRMIP). Для каждой пары скважины получены коэффициенты взаимовлияния, на основе которых выявлено наличие или отсутствие взаимовлияния между скважинами. Результаты рассматриваемых методов оценки взаимовлияния скважин, а также результат экспертной оценки представлены в табл.1. Из таблицы видно, что методы MLR и CRMIP обнаружили гидродинамическую связь между скважинами XX03 и YY31. Данный результат подтверждается экспертным мнением.

Табл.1. Сравнительная таблица результатов анализа MLR, анализа CRMIP и экспертной оценки

Скважины	Результат анализа методом MLR	Результат анализа методом CRMIP	Экспертная оценка
XX03-YY31	Есть связь	Есть связь	Есть связь
XX04-YY31	Сомнительная связь	Нет связи	Сомнительная связь
XX07-YY31	Нет связи	Сомнительная связь	Сомнительная связь
XX32-YY31	Сомнительная связь	Сомнительная связь	Сомнительная связь
X003-YY31	Нет связи	Нет связи	Нет связи

Таким образом, применение методов MLR и CRMIP позволило обнаружить гидродинамическую связь между скважинами XX03 и YY31 на рассматриваемом участке месторождения.

© Ефимова М.В., Фахреева Р.Р., Питюк Ю.А., 2022 г.

**ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В
МИКРОКАНАЛАХ С НЕРОВНЫМИ СТЕНКАМИ**

Булатова А.З., Солнышкина О.А., Фаткуллина Н.Б.

Центр микро- и наномасштабной динамики дисперсных систем,
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Изучение потоков в микроканалах различной геометрии вызывает интерес у исследователей во многих областях. Математическое моделирование таких явлений является сложной и актуальной задачей. Результаты исследований в области микрофлюидики могут быть использованы для решения многих проблем в биологии и химии, таких как медицинская диагностика, биологический анализ и фармацевтический синтез.

В данной работе приведены результаты численного исследования гидродинамических потоков внутри плоского микроканала прямоугольного поперечного сечения с неровными стенками. Рассматривается медленное периодическое течение вязкой несжимаемой жидкости при постоянном перепаде давления, которое описывается уравнениями Стокса. Численный подход основан на методе граничных элементов (МГЭ). Изучено влияние формы и количества неровностей на структуру потока. На рис. 1 показаны линии тока при течении жидкости в микроканалах с неровностями в форме равностороннего треугольника.

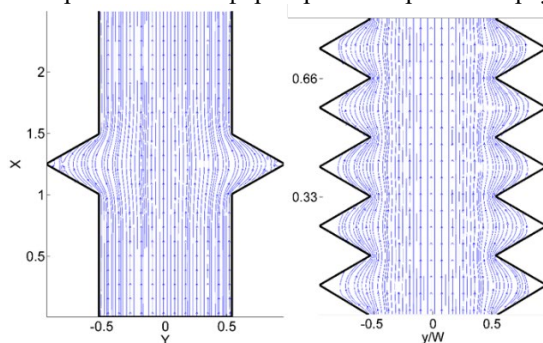


Рис. 1. Линии тока при течении жидкости в микроканалах с неровностями в форме треугольника

Показано, что форма и количество неровностей существенно влияют на картину течения и скорость потока.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ (грант № 21-79-10212).

© Булатова А.З., Солнышкина О.А., Фаткуллина Н.Б., 2022 г.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ МИКРОЭМУЛЬСИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ СЛЮДА НА АТОМНО-СИЛОВОМ МИКРОСКОПЕ

Афанасьев М.О.^{1,2}, Замула Ю.С.², Батыршин Э.С.²

¹Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Микроэмульсии (МЭ) нашли широкое распространение в пищевой и нефтегазовой промышленности, фармацевтике, синтезе наночастиц и др. В отличие от обычных эмульсий, МЭ образуются спонтанно при смешивании компонентов. Для создания других типов эмульсий смесь компонентов нужно подвергать внешнему воздействию, например, интенсивному перемешиванию, фильтрации через пористую среду, воздействию ультразвука или какому-либо другому. Приготовленная таким образом эмульсия термодинамически нестабильна и с течением времени распадается на компоненты. Особенность микроэмульсий заключается в том, что это термодинамически устойчивая микрогетерогенная система. Основными методами для характеристики структуры МЭ являются реологические исследования, измерение электропроводности, определение коэффициентов самодиффузии, ЯМР, дифрактометрия и др. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) часто используется в качестве дополнительного инструмента для определения характеристик капель нано- и микроэмульсий.

В настоящей работе для приготовления МЭ были использованы анионный ПАВ - додецилсульфат натрия и соПАВ – н-бутанол. В соотношении 1 : 2. В качестве масляной фазы использовался н-гептан. Водная фаза представляла собой 4% водный раствор NaCl. В качестве подложки использовалась слюда. Эксперименты проводились на АСМ Agilent 5500AFM.

На полученных топографиях поверхностей наблюдаются качественные различия в структуре. В зависимости от состава МЭ видны следующие характерные картины: локализованные углубления, отдельные частицы, а также сложные структуры с развитой морфологией. При добавлении наночастиц в МЭ на топографиях поверхности регистрируются агрегаты наночастиц размером до 500 нм.

Работа поддержана РФФ грант № 21-79-10212.

© Афанасьев М.О., Замула Ю.С., Батыршин Э.С., 2022 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПО УРАВНЕНИЮ СОСТОЯНИЯ

Сафарова А.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Свойства природного газа важно учитывать в ряде технологических задач, связанных с добычей, подготовкой и транспортировкой природных углеводородов. Для определения свойств газов зачастую используются эмпирические зависимости, при расчете по ним необходимы вспомогательные таблицы или графики [1]. Расчет свойств газа по уравнению состояния основывается на законах термодинамики и позволяет сократить использование дополнительных материалов [2]. В данной работе с помощью уравнения состояния Редлиха-Квонга в модификации Борнера получены значения изобарной теплоемкости метана при различных температурах и давлениях. Для определения значений изобарной теплоемкости необходимо знание коэффициента сверхсжимаемости метана в зависимости от термобарических условий. Полученные значения коэффициента сверхсжимаемости сравнивались с значениями по графикам Стендинга и Катца. Результаты работы могут применяться в дальнейшем при оценке свойств природного газа.

Литература

1. Газо- гидродинамические исследования газовых пластов и скважин. Алиев З.С., Самуйлова Л.В., Мараков Д.А. Учебное пособие для вузов. – М.: МАКС Пресс, 2011. С.38-45
2. Стрекалов А. В. Определение основных физических свойств реальных газов / А. В. Стрекалов, Д. Н. Глумов // Территория нефтегаз. – 2010. №12. – С. 50-55.

© Сафарова А.Р., 2022 г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ В НАСЫПНОЙ ЯЧЕЙКЕ ПРИ РАЗНЫХ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Фарвазов Л.Э., Валиев. А.А., Мусин А.А., Давлетбаев А.Я.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время значительная часть добываемых углеводородов относится к трудно извлекаемым запасам. Разработка данных месторождений затрудняется с значительными глубинами их залегания, высокой степенью неоднородности фильтрационных свойств коллекторов и большими вязкостями добываемых углеводородов. В связи с этим, большое внимание уделяется разработке и внедрению различных методов интенсификации нефтедобычи, для чего продолжается активное изучение фильтрации нефти и воды в пористой среде под воздействием ВЧ-поля. [1]

В настоящей работе была осуществлена фильтрация воды через ячейку. Была собрана экспериментальная ячейка, изготовленная из предметных стекол с фильтрационной областью, заполненной стеклянными шариками. Давление было задано контроллером давления, нагнетание осуществлялось воздушным безмасляным компрессором. Фильтрация проводилась при разных неизотермических условиях. Водный буфер, трубки, по которым перетекала вода, и ячейка были нагреты до необходимой температуры в водяной бане. Были взяты табличные значения вязкости при соответствующей температуре. Измерение проводилось на прецизионных электронных весах с использованием программы RsWeight. Объектом исследования являлась модель пористой среды, заполненная стеклянными шариками.

В ходе исследования были получены результаты, показывающие, что расход воды увеличивается обратно пропорционально вязкости, что означает увеличение расхода при повышении температуры. Также были проведены тестовые измерения через стеклянный капилляр, что подтвердило полученные результаты.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №22-11-20042).

Литература

1. Хрисониди В. А., Струева В. А. Современные методы разрушения водонефтяных эмульсий //The scientific heritage. – 2020

© Фарвазов Л.Э., Валиев. А.А.,
Мусин А.А., Давлетбаев А.Я., 2022 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Абдрахманова Л.Р., Мусин А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Изучение вопросов вовлечения в разработку нетрадиционных углеводородов становится актуальной задачей в нефтедобывающей промышленности, так как запасы традиционных углеводородов постепенно иссякают. Возникает необходимость применения новых и модернизации существующих технологий нефтедобычи, позволяющих значительно увеличить нефтеотдачу. Для этого могут быть использованы следующие методы воздействия на пласт: закачка пара, внутрипластовое горение, индукционный нагрев, ЭМ воздействие и т.д.

В данной работе моделируется неизотермическая фильтрация реологической жидкости в модели пористой среды при различных способах воздействия на нее. Рассматриваются следующие методы воздействия на систему: закачка теплоносителя, индукционный нагрев и ЭМ воздействие. Динамика системы описывается уравнениями пьезопроводности и баланса энергии. Задача решается численно в программном пакете OpenFOAM с использованием модифицированного решателя.

В результате проведенного моделирования было выяснено, что ЭМ воздействие является самым эффективным методом из всех рассмотренных. Показано, что при ЭМ воздействии на систему глубина прогрева будет выше, чем при индукционном нагреве или закачке теплоносителя, что приведет к увеличению подвижности высоковязкой жидкости на большом расстоянии от источника воздействия.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-11-20042.

Литература

1. Давлетбаев А.Я., Ковалева Л.А. Фильтрация высоковязкой нефти в пласте с трещиной гидроразрыва при воздействии высокочастотным электромагнитным полем // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. – 2014. – № 3. – С. 91-97.

© Абдрахманова Л.Р., Мусин А.А., 2022 г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ СПЕКАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Гарифуллин И.Ш.^{1,2}, Чугунов С.С.³, Солнышкина О.А.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия

³Сколковский институт науки и технологий, г. Москва, Россия

Аддитивные технологии нашли широкое применение в различных областях науки и промышленности, особенно в тех случаях, когда критически важным является изготовление сложных конструкций, мелкосерийное или кастомизированное производство. В настоящее время в медицине для изготовления имплантантов различной структуры и формы активно используется керамика. Процесс производства керамических изделий с помощью 3Д печати делится на несколько этапов. От создания 3Д САД компьютерной модели, подбор и подготовка материала для изготовления (порошок и связующее), непосредственно самого процесса печати и дальнейшей обработки, включающей себя многоэтапную процедуру обжига изделия при различных режимах внешних условиях. В основе каждой стадии лежит ряд физических явлений и механизмов, совокупность влияния которых и определяет свойства конечного изделия. Корректный подбор материалов, способа изготовления и дальнейших режимов спекания керамических образцов крайне важно для получения изделий, обладающих необходимой прочностью.

В рамках данной работы для исследования влияния режимов спекания на усадку образцов, было подготовлено несколько вариантов параллелепипедов со сторонами 5×3×4 мм. В качестве материала для изготовления использовался порошок на основе оксида алюминия. Печать образцов выполнялась на керамическом 3D-принтере Ceramaker 900. Было реализовано несколько вариантов высокотемпературного спекания образцов, проведены замеры геометрических параметров полученных изделий и были рассчитаны значения конечной пористости.

Исследование выполнено в рамках гранта Республики Башкортостан для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых.

© Гарифуллин И.Ш., Чугунов С.С., Солнышкина О.А., 2022 г.

МИКРОФЛЮИДНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МОБИЛИЗАЦИИ ОСТАТОЧНОЙ НЕФТИ

Гарифуллин И.Ш.¹, Батыршин Э.С.², Солнышкина О.А.¹

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

Решение проблемы мобилизации остаточной нефти из пласта является основной для развития методов увеличения нефтеотдачи (МУН). Известны такие методы для повышения нефтеотдачи: тепловые, газовые, химические, гидродинамические, комбинированные и т.д. [1]. Стандартные лабораторные методы исследования различных агентов МУН основаны на фильтрационных исследованиях на керне. Такие исследования на керне не позволяют визуализировать процессы в отдельных порах. Для решения этой задачи могут быть использованы микрофлюидные чипы (МФЧ), которые позволяют работать с малыми объемами вещества и выстраивать сложную архитектуру канала

Для целей настоящей работы были изготовлены стеклянные микрофлюидные чипы для моделирования мобилизации остаточной нефти при воздействии различных агентов. МФЧ изготовлен из стекла, т.к. стекло обладает хорошей химической стойкостью, механической стабильностью, гидрофильностью и оптической прозрачностью, в отличие от традиционных чипов изготовленные из полимеров.

Визуализация эксперимента осуществлялась при помощи оптического микроскопа Olympus IX71 и высокоскоростной камеры. Потоки жидкости в чипах создавались при помощи шприцевого насоса. Также был разработан и изготовлен держатель для МФЧ.

Были получены характерные картины течения и вытеснения нефти водными растворами в микрофлюидных каналах. В дальнейшем мы планируем изучить процессы мобилизации остаточной нефти при вытеснении водными растворами ПАВ.

Данная работа была поддержана РНФ (проект № 21-79-10212).

Литература

1. Методы повышения нефтеотдачи пластов. Date Views 23.09.2022 neftegaz.ru/science/booty/332036-metody-povysheniya-nefteotdachi-plastov/.

© Гарифуллин И.Ш., Батыршин Э.С., Солнышкина О.А., 2022 г.

**СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И
ИНФОРМАТИКИ, ФИЗИКИ»**

УДК 372.851

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.153

**ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УПРАЖНЕНИЙ НА ГОТОВЫХ ЧЕРТЕЖАХ
ПРИ ОБУЧЕНИИ ГЕОМЕТРИИ
В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ**

Лукманова А.Р., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Использование задач с готовыми чертежами позволяет ускорить работу в классе при закреплении новых знаний. При работе с задачами по готовым чертежам в классе эффективнее проходит во время актуализаций знаний – учащиеся быстрее вникают в суть задания, приступают к обсуждению, учатся грамотно рассуждать, спорить, делать выводы.

Немаловажной причиной использования задач с готовыми чертежами является большой интерес учащихся к нестандартной форме работы. Выполнение тренировочных заданий с готовыми чертежами ускоряет и облегчает запоминание новых тем, подготавливает учащихся к самостоятельному решению подобных задач.

Использование упражнений на готовых чертежах не является способом заменить систему задач учебника, а являются лишь дополнением к ней. Они дают возможность учителю сэкономить значительную часть времени на изучение соответствующих тем и способствуют усилению практической направленности преподавания геометрии.

Литература

1. Э. Балаян Геометрия. Задачи на готовых чертежах для подготовки к ГИА и ЕГЭ 7-9 классы/ Ростов-на-Дону: Феникс, 2012
2. Н.Ф. Гаврилова Универсальные поурочные разработки по геометрии: 9 класс. М.:ВАКО, 2010, 320с.
3. Крымская Ю. А., Ячинова С. Н. Роль упражнений на готовых чертежах в процессе обучения решению геометрических задач // Молодой ученый. — 2014. — №17. — С. 498-501.

© Лукманова А.Р., Запивахина М.Н., 2022 г.

УДК 371.39

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.154

МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ ИНТЕГРИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ CLIL НА УРОКАХ ИНФОРМАТИКИ

Тлегенова Л.В.

Башкирский государственный университет, г. Стерлитамак, Россия

Технология CLIL (Content and Language Integrated Learning или предметно-языковое интегрированное обучение) - один из самых распространенных подходов к обучению иностранному языку [1].

По CLIL методологии существует много активных методов, способов и приемов, которые можно использовать на уроках информатики. Наиболее распространенными являются: Brainstorm - метод мозгового штурма для решения конкретной задачи, Cluster creation - графическая организации материала, Matching - соотнесение, совмещение, Multiple Choice Questions - вопросы с множественным выбором, Science Scramble - зашифрованное слово, Case Study - помощь учащимся участвовать в обсуждении, Fill gap - заполнение пропусков, Labelling - маркировка, Insert method - чтение с пометками, Categorizing - классификация, Close test/Open test - закрытый тест (с ответами)/открытый тест, True/False - Правда/ложь, Ordering word/sentences/paragraphs - упорядочить слова/предложение/абзацы, Jigsaw reading and listening - чтение и аудирование по методу Джигсо/головоломка, Information transfer - передача информации, Feature identification - определение особенностей/характеристик, Freeze frames - замершая рамка и др.

Приёмы драматизации: ролевая игра, симуляция, интервью и т.д.

Игры: Information battle, Battleship, Find hidden words, Find definitions, Loop games/Domino games (Петлевая игра/Игра Домино).

Интернет-ресурсы: Kahoot, Liveworksheets, Google form, Learningapps, Jambord, Quizizz, Mentimetr, Padlet и др.

Различные виды разминок и рефлексии: Mind blowing facts about ..., Talking hands, Make the longest word, Name the right color, not the word; Split into pairs; The association for each letter, Thermometer; Behavior reflection, The knowledge tree и др.

Литература

1. Руководство для слушателя курса повышения квалификации педагогических работников Республики Казахстан по программе «Методика CLIL: предметно-языковое интегрированное обучение в процессе преподавания специальных дисциплин на английском языке»: Центр профессионально образования НАО «Холдинг Кэспіқор». - А., 2017. - 286 с.

© Тлегенова Л.В., 2022 г.

ПРОЦЕСС ИНТЕГРАЦИИ ФИЗИКИ И ГЕОГРАФИИ В СОВРЕМЕННОМ ШКОЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Бигильдина Э.Р., Хизбуллина Р.З.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Современный учитель понимает, что преподавание предмета в полной изоляции от остальных школьных дисциплин является ошибочным и ущербным [1]. Еще в древности люди знали, что все в мире взаимосвязано между собой, что круговорот в природе возможен только тогда, когда все находится в балансе и взаимодействует между собой. Так и в образовательном процессе. С малых шагов, интегрируя два предмета можно достичь более действенных и высоких результатов.

Анализируя учебники по географии, и ознакомившись с особенностями преподавания географии в школах, стало понятно, что возникают некоторые противоречия. Так, основные географические понятия школьники начинают изучать уже в 6 классе, тогда как раскрытие причин многих процессов начинает изучаться по другим дисциплинам (химии, биологии, физике) только в 7-8 классах. Таким образом, получается, что школьный курс по географии является опережающим, по сравнению с остальными учебными дисциплинами естественнонаучных направлений, в частности физики. Отсюда следует, что у многих школьников почти больше половины процессов и явлений по географии остаются абстрактными, что приводит к снижению качества усвояемости информации, а также резкому снижению интереса к предмету. Тему «Атмосферное давление», которую ребята в школе проходят в начале 6 класса, в курсе физики проходят лишь в 7 классе. Получается, что школьник знакомится с процессом формирования и влияния атмосферного давления в природе без понимания сути этого явления и его физического объяснения. Именно по этой причине, данная тема является одной из самых тяжелых и непонятных для учащихся. Опрос среди взрослых показал, что даже среди них много тех, кто не может объяснить четко понятие атмосферного давления в воздухе по причине того, что они не поняли данную тему еще в школе. Тема «Радиоактивности» в курсе географии изучается в 8 классе. Причины и значение радиоактивности, где рассматриваются примеры распада радиоактивных веществ, а также подробно описываются страны, которые специализируются на добыче таких элементов, изучаются учащимися только в 9 классе.

Для решения озвученной педагогической проблемы в современных школах используется практика интегрированного обучения, которая

позволяет формировать у школьников целостное и всестороннее знание, которое не разрывается при изучении тем на разных дисциплинах, а идет как комплексный и взаимодополняющий материал.

Использование в педагогической практике интегрированного обучения позволит изучать географию и физику с новыми подходами и условиями деятельности, как для учителя, так и для ученика. Подобная практика представляет собой актуальную и полезную модель для активизации развивающих приемов при обучении, а также способствует развитию мыслительной деятельности у обучающегося. Интегрированное обучение способствует появлению и разработке новых форм обучения, которое позволит благоприятно влиять на психологическое восприятие школьника и повысит эффективность освоения учебного материала, без потери интереса к изучаемым дисциплинам. Курс географии невозможно полноценно усвоить и осознать школьнику, если у него нет базовых знаний по химии, биологии, математике и физике.

Для включения в школьную программу интегрированного обучения преподавателям важно изучить и проанализировать уровень имеющихся знаний у учащихся, а также выяснить и оценить особенности и познавательные интересы школьников индивидуально. Подобную процедуру возможно осуществить, с использованием анкетирования или проведением классного часа с использованием игровой формы общения.

Стоит особо подчеркнуть, что интегрированные уроки требуют большой подготовки и затрат по времени, по сравнению с обычными занятиями. Далеко не каждый учитель географии будет готов отказаться от времени своего предмета в пользу изучения физики. Однако, «потерянное» время обязательно плюсом вернется учителю в будущем.

Так, возвращаясь к изучению темы «Атмосфера. Давление воздуха» в 6 классе, ученикам на уроке географии можно продемонстрировать несколько опытов из курса физики по данной теме, объяснить учащимся, что явление носит физический смысл, но протекает в природной среде, которую изучают на предмете географии, но продолжают более подробно разбирать в 7 классе, при изучении темы «Давление» на физике. В таком случае, при изучении темы «Распределение атмосферного давления на Земле», которое изучается в 7 классе, у школьников не возникнет вопросов и особых трудностей для понимания данной темы. Им просто будет вспомнить опыты по физике, которые демонстрировались им ровно год назад. Более того, они самостоятельно и свободно смогут объяснить образование таких ветров, как пассаты и муссоны (рис. 1).

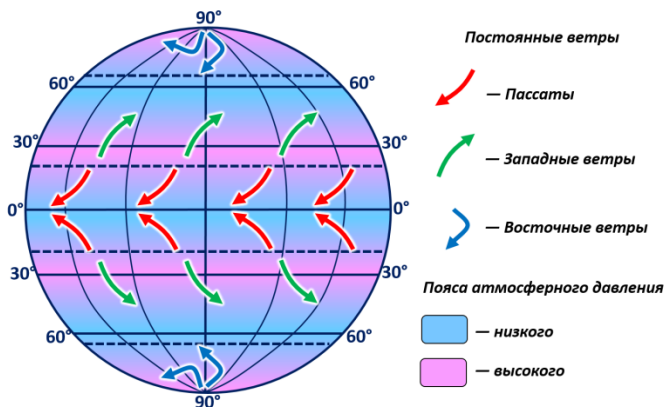


Рис. 1. Постоянные ветры

Несмотря на трудности и большие затраты по времени, проведение интегрированных занятий показывает более высокие показатели у учащихся по сравнению с обычными занятиями. У школьников повышается уровень владения материалом, интерес к дисциплинам, а также развивается кругозор.

Применение интегрированного обучения позволяет расширить содержание и полноту естественнонаучного образования. Взаимодополнение таких дисциплин, как физика и география, позволяет вести учебный процесс без разрыва и недопонимания содержательной части учебного материала, также способствует сглаживанию междисциплинарных отношений.

Подобный опыт ведения занятий активно применяют учителя города Волгограда: учитель географии Усик И.В., и учитель физики Коннова О.В., которые преподают в школе №6 данного города. Они совместно смогли разработать целый курс интегрированных бинарных уроков, которые раскрывают неразрывность двух дисциплин и целостно отражают их содержание в одном видео-уроке. Также, для оценивания пройденного материала учителя разработали ряд практических и проверочных работ [2].

Активное применение интегрированного подхода в преподавании географии и физики позволяет развивать у учащихся более разносторонние и углубленные знания по двум предметам. Данный метод помогает учащимся по-новому увидеть многие процессы и явления и взглянуть на них с разных точек зрения. У школьников формируется умение переносить знания из одной дисциплины в другую, проводя более тщательный анализ информации. Благодаря подобной практике и

достигается уровень, когда у школьников идет формирование самостоятельной и творческой личностей.

Литература

1) Болотникова Н.В. География. Интегрированные уроки. 6-10 класс. – Волгоград: учитель, 2004. – 100 с.

2) Интеграция географии и физики в естественнонаучном образовании (ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС: Режим доступа: <https://nsportal.ru/shkola/mezhdistsiplinarnocobobshchenie/library/2012/11/21/integratsiya-geografii-i-fiziki-v> (дата обращения 12.09.2022).

© Бигильдина Э.Р., Хизбуллина Р.З., 2022 г.

ACTIONRESEARCH: ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ В НОВЫХ СИТУАЦИЯХ

Несмиянова О.В.¹ Ягафарова З.А.²

¹КГУ СШГ № 9, г. Актобе, Казахстан

²Стерлитамакский филиал БашГУ, г. Стерлитамак, Россия

Практика показывает, что среди учеников лишь единицы овладевают некоторыми специфическими умениями, позволяющими решать практически любые задачи, предъявляемые в рамках изученного материала, но достигается это исключительно благодаря их личным способностям: настойчивости, трудолюбию и, быть может, интуиции.

Современный урок физики должен обеспечить развитие творческих, учебно-исследовательских, познавательных свойств личности, научить использовать богатство науки в самых разнообразных жизненных ситуациях.

Достичь этого можно если на первых уроках разбирать решение всех ключевых задач по теме. Учитель вместе с учащимися выделяет минимальное число задач, на которых реализуется данная тема, учит распознавать и решать ключевые задачи. Ключевая задача — это задача, идея решения которой применяется при решении других задач темы. Характеризуется ключевая задача, обосновывается способ решения, даётся письменный образец оформления, источники, в которых учащиеся могут найти образцы решения ключевых задач, в том числе и разнообразных задач. Причем поставленные вопросы к ситуации озвучивают сами обучающиеся.

Всё это позволяет создать необходимый фундамент для решения нестандартных задач, который сводится к распознаванию идей, отработанных учителем в ключевых задачах.

Литература

1. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения. – М.Просвещение, 1983.
2. Генденштейн Л. Э., Кирик Л. А., Гельфгат И. М. решение ключевых задач по физике для основной школы. - ИЛЕКСА Москва, 2022г.
3. Каменецкий С.Е., Орехов В.П. Методика решения задач по физике в средней школе. Книга для учителя. М. Просвещение, 1987.

© Несмиянова О. В., Ягафарова З.А., 2022 г.

ВЛИЯНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА НА КАЧЕСТВО ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Полякова Л.В.¹, Ягафарова З.А.²

¹КГУ СШГ № 9, г. Актобе, Казахстан

²Стерлитамакский филиал БашГУ, г. Стерлитамак, Россия

Известно, что каждый школьник обладает определенными способностями, от которых зависит и формирование познавательного интереса к предмету, и результативность его обучения. Использование дифференцированного подхода на уроке позволяет «учитывать возможности каждого учащегося, выявлять пробелы в его знаниях, проверять уровень усвоения нового материала и дает возможность каждому ученику углубить свои знания» [1].

В ходе проведения педагогического эксперимента был сформулирован исследовательский вопрос: повысится ли качество знаний учащихся при использовании дифференцированных заданий? Для подтверждения гипотезы было проведено педагогическое исследование – action research (исследование в действии), осуществляемое на уроках физики 9 класса. Были проведены диагностика мотивации учащихся школьников к изучению физики (автор А.В. Желеева), тесты на определение доминирующего полушария мозга и типа темперамента по методике Айзенка, опросник «Сенсорные предпочтения» (автор Н.Л. Васильева). Анализ результатов входной диагностики показал, что 35% обучающихся не дают правильные ответы на вопросы, то есть не могут применять полученные знания или имеют недостаточную базу знаний; 53% – допускают ошибки при ответах и не до конца отвечают на поставленные вопросы. 12% учеников выполняют задания правильно, применяя свой жизненный опыт. В ходе опроса учащиеся указали несколько причин неудачи при решении задач: не знаю формул и с чего начинать решение задач – 30%; не понимаю, как устанавливать причинно-следственные связи – 34%; недостаточно времени для выполнения заданий – 36%. Далее проводились занятия с использованием дифференцированного подхода и с учетом психологических особенностей обучающихся. Статистический анализ результатов исследования был проведен с использованием критериев Розембаума. Повторная диагностика показала повышение качества знаний учащихся.

Литература

1. Хуторской А. В. Современная дидактика: учебное пособие. – М.:Высшая школа, 2007. – 417 с.

© Полякова Л.В., Ягафарова З.А., 2022 г.

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ ТЕКСТОВЫХ ЗАДАЧ НА СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ И СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ В 7-9 КЛАССАХ

Сайранова Д.А., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Данная тема актуальна в настоящее время, потому что у большей части учеников основной школы возникают трудности при решении текстовых задач. Причин, из-за которых возникают такие трудности, очень много, но все они взаимосвязаны. У большинства учеников это страх перед самой задачей. Этот страх возникает от того что они просто не имеют общих представлений о рассматриваемых в задачах процессах, не умеют правильно устанавливать, что дано и что надо найти в задаче, а также выявлять по тексту взаимосвязи рассматриваемых в задачах величин. Еще одни не менее важные проблемы — это незнание этапов решения задач, непонимание цели своей деятельности, неумение решать уравнения и системы уравнений. Ученики, которые не справляются с решением текстовых задач, как правило, не обладают необходимыми приемами рассуждения при решении таких задач.

Существует четыре этапа решения текстовой задачи: анализ текста задач; поиск решения задачи; реализация плана решения с обоснованием; исследование, проверка решения задачи и запись ответа.

Также важным в обучении решению задач является выполнение основных принципов дидактики: научности, наглядности, доступности, систематичности и последовательности.

Таким образом, весь процесс по решению задач при определенных методиках оказывает положительное влияние на интеллектуальное развитие учеников, потому что он требует выполнения умственных операций: анализа и синтеза, конкретизации и абстрагирования, сравнения и обобщения.

Литература

1. Баженова, Н. Г. Теория и методика решения текстовых задач: курс по выбору для студентов специальности 0500201 - Математика: учебное пособие / Н. Г. Баженова, И. Г. Одоевцева. – 4-е изд., стер. – Москва: ФЛИНТА, 2017. – 89 с.

© Сайранова Д.А., Запивахина М.Н., 2022 г.

МЕТОДИКА ВВЕДЕНИЯ ПОНЯТИЙ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ МАТЕМАТИКИ

Аликаева А.Б., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Современное образование большое внимание выделяет на саморазвитие и самопознание учащихся. Его цель состоит в том, чтобы ученик, выпускаясь из школы, был готов к жизни, смог реализовывать свои возможности. Исходя из этого, главным назначением образования можно назвать развитие личности учащегося средствами школьных предметов, путем их усвоения. Освоение предмета математика характеризует овладение учащимся определенной системы научных знаний.

Понятия являются одной из главных составляющих системы научных знаний любого школьного предмета, в том числе и математики. Не применяя понятия, нельзя выразить ни один закон, и впоследствии, сформировать научную теорию. Это определяет ведущую роль понятий при организации в сознании учащихся научных знаний.

Понятие – это форма мышления, в которой отражены существенные (отличительные) свойства объектов изучения. Работа с понятиями требует от учащихся активную мыслительную деятельность. Применение методики формирования понятий на уроках математики позволяет учителю улучшить процесс изложения материала, а также помогает учащимся лучше воспринимать и воспроизводить содержание темы.

Литература

1. Методика преподавания математики в средней школе. Частные методики: Учебное пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. институтов Ю. М. Колягин, Г. Л. Луканкин. - Москва «Просвещение», 1977: - 480 с.
2. Методика преподавания математики в средней школе: Частная методика: Учебное пособие для студентов пед. Институтов по физ.-мат. спец./ А.Я. Блох, В.А. Гусев, Г.В. Дорофеев и др.; сост. В.И. Мишин. – М., 1987. – 416с.
3. Столяр А.А. Общая методика преподавания математики. - М., 1985

© Аликаева А.Б., Запивахина М.Н., 2022 г.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ В 5-6 КЛАССАХ

Хурматуллина Э.Т., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Повышение качества образования и формирование у обучающихся ключевых компетенций являются важнейшей задачей модернизации школьного образования. Важно не просто передать знания школьнику, а научить его овладевать новым знанием, новыми видами деятельности. Одним из видов деятельности, нацеленных на применение и открытие знаний учащимися, является исследование [1]. Необходимо формировать учебно-исследовательскую деятельность обучающихся на уроках математики, начиная с 5 класса. Практика показывает, что у обучающихся данной возрастной группы есть значительный интерес к исследовательской деятельности. Они с удовольствием погружаются в атмосферу творческого поиска, сотрудничества и общения.

Развивать у школьников исследовательские умения необходимо при решении задач школьного курса математики, а также с помощью задач, требующих нестандартного (творческого) подхода к решению. Это облегчит им вхождение в исследовательскую область. Как показывает практика, большинство учителей все-таки придерживаются мнения, что для того, чтобы перейти к решению таких задач, не следует ждать старших классов, так как учебный материал 5-6 классов уже дает возможность вводить элементы исследования. Следует начинать с простых вещей, которые доступны несильным ученикам. Работая с учебно-исследовательскими задачами, обучающимся неизбежным образом приходится иметь дело с методами науки математики, поэтому такие задачи могут стать органической частью обучения математике и существует объективная возможность для начала формирования общих исследовательских умений на самых ранних стадиях обучения, а именно в 5-6 классах.

Литература

1. Кондакова, И.Ф. Формирование мотивации и познавательной активности школьников на уроках математики через исследовательскую деятельность / И.Ф. Кондакова // Вестник науки и образования. – 2020. - № 11–2 (89). – С.56-60.

© Хурматуллина Э.Т., Запивахина М.Н., 2022 г.

МЕТОДЫ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ В КУРСЕ МАТЕМАТИКИ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ

Иванова А.С., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования предлагает в процессе обучения математике использовать методы обучения, обеспечивающие развитие ученика как субъекта собственной деятельности, умеющего «самостоятельно определять цели своего обучения, ставить и формулировать для себя новые задачи в учебе», то есть решать учебные проблемы. К таким способам относится метод проблемного обучения, содержанием которого является разрешение создаваемых в учебных целях проблемных ситуаций. М.И. Махмутов определяет проблемное обучение как тип развивающего обучения, объединяющий самостоятельную поисковую деятельность учащихся и процесс усвоением готовых выводов науки на основе внутренней мотивации к познанию и содержательной проблемности. [1]. На сегодняшний день под проблемным обучением мы понимаем организацию учебных занятий, которые предполагают создание проблемных ситуаций при помощи учителя и активную самостоятельную деятельность обучающихся по их разрешению. М.И. Махмутов выделяет шесть методов проблемного обучения, представляющих собой три вида изложения учебного материала учителем и три вида организации им самостоятельной учебной деятельности учащихся. [1] Рассмотрим эти методы: метод монологического изложения; рассуждающий метод обучения; диалогический метод изложения; эвристический метод изложения; исследовательский метод; метод программированных заданий. При применении проблемных методов обучения, те знания и умения, которые опираются на небольшой опыт школьников, осваиваются ими на новом уровне применительно к незнакомой ситуации. Все это позволяет овладеть опытом, оперировать имеющимися знаниями и умениями и приобрести новые, которые являются продуктом их творческой деятельности.

Литература

1. Махмутов М.И. Организация проблемного обучения в школе. Книга для учителей. – М.: Просвещение.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ В 5-6 КЛАССАХ

Исланаева Е.Б., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Актуальность исследования в том, что проведение уроков с использованием компьютерных средств – это мощный стимул в обучении. Они повышают мотивацию к обучению, развивают интеллект и навыки самостоятельной работы

По предназначению компьютерные средства, применяемые в образовательной системе, делятся на знаково-графические, демонстрационные, лабораторные, мультимедийные. На уроках математики цифровые средства обучения выполняют три основных функции: познавательную, формирующую, дидактическую. Применение компьютерных средств на уроках математики комплексно влияет на весь процесс обучения и воспитания, и педагог, планируя использование компьютерных средств в обучении школьников, должен заранее оценить возможность выполнения каждой из рассмотренных функций. Компьютерные презентации – это современные технологии представления информации. Формы и место использования презентации на уроке зависят от содержания самого урока, от цели и задач, которые ставятся на уроке. Если выхода в Интернет нет, то flash-анимации, схемы и рисунки есть на электронных дисках к учебно-методическим комплектам. Интерактивные тренажеры по математике обеспечивают возможность потренировать ученика в решении всех типов примеров и задач. Применяя компьютерные средства на уроках математики в 5-6 классах можно, индивидуализировать учебный процесс за счет предоставления возможности учащимся как углубленно изучать предмет, так и отрабатывать элементарные навыки и умения. Применяя компьютерные средства на уроках, учитель повышает качество наглядности в учебном процессе.

Таким образом, в ходе выполнения данной работы цель исследования была достигнута, а поставленные задачи решены.

Литература

1. Артюхина, М.С. Особенности современных средств обучения в контексте интерактивных технологий / М.С. Артюхина // Вестник Российского университета дружбы народов. – 2014. – С.76-77.

© Исланаева Е.Б., Запивахина М.Н. 2022 г.

О СПИРАЛЯХ В ТЕОРИИ ДИФРАКЦИИ

Абдуллин А.У.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В своем докладе мы продолжаем обзор трудных, на наш взгляд, мест вузовского курса общей физики [1-3]. На сей раз речь пойдет о спиралях Френеля и Корню в курсе оптики. Они представляют собой отличные наглядные инструменты для решения задач дифракции, однако явно остаются недооцененными студентами. Все начинается с недостатка лекционного времени. Так что серьезное обращение к спиралам происходит только на практических (семинарских) занятиях. На первый же вопрос, в чем отличие между ними, очень часто слышишь традиционный ответ: первая для дифракции Френеля, вторая – для дифракции Фраунгофера. Причем студент еще и просто сияет от сознания того, что он различает эти два типа дифракции. И оказывается сильно разочарован, когда узнает, что обе они описывают дифракцию Френеля, только для отверстий различной геометрии. Когда излагаешь разбиение волнового фронта на зоны Френеля и полосатые зоны Шустера, все как будто становится на свои места. Но только на первый взгляд.

Применять спираль Френеля у студентов получается лучше. Видимо, из-за ее правильного вида. Хотя работа с частями зон и с препятствиями и вызывает трудности у ряда студентов. А вот вытянутость спирали Корню и наличие целых двух ветвей ставит многих студентов просто в тупик. Много воды утечет, пока студент осознает ответственность ветвей спирали за левый и правый фронты волны и прочувствует необходимость применения специального параметра для фиксации открытого участка волнового фронта из-за несоразмерности витков спирали.

Литература

1. Абдуллин А.У. Всего лишь кинематика. // Тезисы докладов XII Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых «Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании», Уфа, 2021. С.253.
2. Абдуллин А.У. О СТО. // Сборник материалов VI Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы современного физического образования». Уфа, 2021. С.42-43.
3. Абдуллин А.У. Тензор инерции «первашам». // Тезисы докладов XI Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых «Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании», Уфа, 2020. С.221-222.

© Абдуллин А.У., 2022 г.

ОТ КОМПЕТЕНЦИЙ – ВПЕРЕД К ПРОШЛОМУ?

Абдуллин А.У., Акманова Г.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Несмотря на то, что сейчас обсуждаются предложения по ФГОС ВО уже 4-го поколения, по большому счету до сих пор остается дискуссионным вопрос, формируются ли обозначенные во ФГОС ВО компетенции в учебном процессе [1-3]. Компетентность работника (в значении владения компетенциями) определяется уровнем тех профессиональных задач, которые он умеет решать на своём рабочем месте. Значит, оценить компетентность будущего инженера или научного работника возможно только в процессе его профессиональной деятельности! Но ведь образование – это деятельность учебная! Мы здесь оцениваем посредством «фонда оценочных средств» знания-умения-навыки! Но везде – «компетенции». Произошла подмена понятий.

Выходом из положения, способом «оживить» компетенции ФГОС, возможно, является возврат к «русскому методу подготовки инженеров», основанному на интеграции фундаментального образования и практической подготовки. Эта традиция, доставшаяся советским вузам в качестве имперского наследия, позволила в своё время нашей стране совершить прорыв во многих направлениях технического прогресса. И можно называть этот подход вовлечением студентов в деятельность научно-образовательных центров или развёртыванием концепции «STEAM-образования» (science, technology, engineering, art, mathematics), все равно в итоге успех определяется возможностями вуза по раннему привлечению студента к более-менее самостоятельной инженерно-научной работе.

Литература

1. Абдуллин А.У., Акманова Г.Р. На злобу дня. РПД и ФГОС – насколько они связаны? //Тезисы докладов XII Межд. школы-конф. для студентов, аспирантов и молодых ученых «Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании», Уфа, 2021, с.252.
2. Абдуллин А.У., Акманова Г.Р. О переходе на ФГОС3++ // Тезисы докладов VI Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы современного физического образования».Уфа, 2021, с.300-302.
3. Абдуллин А.У., Акманова Г.Р. Компетенции и качество образования: разумный компромисс // Тезисы докладов XI Межд. школы-конф. для студ., аспирантов и молодых ученых «ФМПЕ», Уфа, 2020, с. 219-220.

© Абдуллин А.У., Акманова Г.Р., 2022 г.

**МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ
РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
НА ОСНОВЕ ВНЕШНЕЙ МОТИВАЦИИ**

Дашкина М.Э., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Стремительно развивающееся современное общество предъявляет новые требования к системе образования. Оценка качества математических знаний обучающихся – необходимый компонент учебно-воспитательного процесса.

На наш взгляд, с целью формирования внешней мотивации на уроках математики целесообразно применять следующие методы и приёмы контроля и оценки знаний обучающихся:

1. Методика «Составление тестов»

Суть методики состоит в том, что обучающиеся самостоятельно формулируют вопросы по теме. В качестве домашнего задания обучающимся предлагается написать по какой-либо темы вопросы для проверочной работы или теста. Удачные вопросы впоследствии будут использованы в проверочной. Вопросы для тестов должны быть на понимание материала, а не механическое его воспроизведение.

2. Методика «Недельные отчеты»

«Недельные отчеты» – это опросные листы, которые ученики заполняют раз в неделю, отвечая на три вопроса: Чему я научился за эту неделю? Какие вопросы остались для меня неясными? Какие вопросы я задал бы ученикам, чтобы проверить поняли ли они материал?

Использование подобных отчетов дает обучающимся возможность проанализировать вновь приобретенные знания, задать вопросы о том, что им неясно.

Контроль на уроках математики – это неотъемлемый процесс обучения. Все виды контроля в совокупности позволяют многим обучающимся достигнуть наивысших результатов обучения [2].

Литература

1. Виноградова Л. В. Методика преподавания математики в средней школе: Учебное пособие / Л. В. Виноградова. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2005. – 252 с.
2. Кальней В.А. Школа: мониторинг качества / С. Е. Шишов, В. А. Кальней. – Москва: Педагогическое общество России, 2000. – 320 с.

МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ

Губаева В.П., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Межпредметные связи в обучении математике являются важным средством достижения прикладной направленности обучения математике. Возможность подобных связей обусловлена тем, что в математике и смежных дисциплинах изучаются одноименные понятия (векторы, координаты и т.д.), а математические средства выражения зависимостей между величинами (формулы, графики, таблицы, уравнения, неравенства) находят применение при изучении смежных дисциплин. Такое взаимное проникновение знаний и методов в различные учебные предметы имеет не только прикладную значимость, но и создает благоприятные условия для формирования научного мировоззрения.

С дидактических позиций реализация межпредметных связей предполагает использование фактов и зависимостей из других учебных дисциплин для мотивации введения, изучения и иллюстрации абстрактных математических понятий, формирования практических навыков. Проблеме реализации межпредметных связей математики с другими науками в настоящее время посвящено много работ. Некоторые из них содержат методические рекомендации по реализации межпредметных связей на уроках математики, другие – материал межпредметного характера, который может быть использован учителями в своей работе. Можно выделить основные направления реализации межпредметных связей математики с другими науками.

Изучение всех предметов естественнонаучного цикла взаимосвязано с математикой. Математика дает учащимся систему знаний и умений, необходимых в повседневной жизни и трудовой деятельности человека, а также важных для изучения смежных дисциплин (физики, химии и т.д.). На основе знаний по математике у учащихся формируются общепредметные расчетно-измерительные умения. При изучении смежных дисциплин раскрывается практическое применение получаемых учащимися математических знаний и умений, что способствует формированию у учащихся научного мировоззрения, представлений о математическом моделировании как обобщенном методе познания мира.

В курсе алгебры 7-9 классов последовательность расположения тем обеспечивает своевременную подготовку к изучению физики. При изучении физики целенаправленно применяются понятия пропорции,

вектора, производной, функций, графиков и др. Таким образом, начиная изучать новый предмет, ученики уже имеют необходимый математический аппарат для решения задач из смежных дисциплин.

Реализация межпредметных связей может быть осуществлена различными путями. Одним из наиболее эффективных способов достижения данной цели является решение прикладных задач из смежных дисциплин, позволяющих продемонстрировать учащимся применение математических методов для решения задач из других предметных областей.

Существует большое разнообразие направлений реализации межпредметных связей математики с другими науками. Их использование учителем на уроке является несомненным достоинством и способствует более полной реализации целей изучения математики в школе.

Литература

1. Гурьев А.И., Межпредметные связи в теории и практике современного образования // Инновационные процессы в системе современного образования. Материалы Всеросс. Научно-практ. конференции – ГорноАлтайск, 2004 – 160 с.

© Губаева В.П., Запивахина М.Н., 2022 г.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ В 7-9 КЛАССАХ

Рогозникова Д.И., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,

г. Бирск, Россия

Исследовательская задача – это задача творческого характера, она рассматривается как конкретный подход, поставленной проблемы, выяснение которых направлено на ее решение. Под исследовательскими задачами понимаются задачи, содержащие познавательное противоречие, процесс решения которого способствует формированию у учащихся исследовательских умений, таких как умение находить аналогии и связи между разными объектами и разными свойствами одного объекта, обобщать известные факты и выделять частные случаи, устанавливать причинно-следственные связи между объектами, проводить геометрическую и физическую интерпретацию аналитических свойств и т.д. Решая такие задачи, не удастся получить ответ, используя известные схемы решения.

Учащийся, при решении таких задач, попадает в новую неизвестную область. Для начинающих используют такие задачи, в которых есть естественный параметр, который помогает в продвижении исследования, то есть, выделяется последовательность частных случаев при решении, другими словами ученик сам понимает, какие действия при решении задачи ему необходимо сделать. Так же для учащихся, которые увлекаются исследованием более долгое время, лучше всего подойдут те задачи, в которых есть большой простор для продвижений, уточнений, вспомогательных задач, обобщений, а для доказательства используются различные методы. Очень хорошо, если задача развивает научный вкус и имеет в перспективе выходы на идеи и методы «большой» математики. В ходе поиска решения исследовательских задач развиваются такие качества как сообразительность, изобретательность, смекалка и др.

Литература

1. Алибаева В. Ш. Организация исследовательской деятельности учащихся при обучении математики // Актуальные проблемы современного образования. – 2015. - №2(19).
2. Паршина Т. Ю. Исследовательские задачи в обучении алгебре в общеобразовательной школе / Т. Ю. Паршина // Наука и перспективы. – 2018. - №3.
3. Сгибнев А. И. Исследовательские задачи для начинающих. 2-е изд., испр. и доп. — М.: МЦНМО, 2015. — 136 с.

© Рогозникова Д.И., Запивахина М.Н., 2022 г.

ИГРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ

Нургалина К.Г., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Игровая технология строится как целостное образование, охватывающее определенную часть учебного процесса и объединенное общим содержанием, сюжетом, персонажем. В нее включаются последовательно игры и упражнения, формирующие умение выделять основные, характерные признаки предметов, сравнивать, сопоставлять их.

В современной практике обучения математики большую популярность получили игровые технологии. В методической литературе описано большое количество игровых сюжетов, представлены классификации, рассматривающие в основном общепедагогические аспекты игровых способов обучения.

В современной школе игровая деятельность используется в следующих случаях:

- в качестве самостоятельных технологий для освоения понятия, темы и даже раздела учебного предмета;
- как элементы более обширной технологии; – в качестве технологии урока или его фрагмента (введения, объяснения, закрепления и т. д.);
- как технология внеклассной работы и внеурочной деятельности.

Понятие «игровые педагогические технологии» включает достаточно обширную группу методов и приемов организации педагогического процесса в форме различных педагогических игр.

Игровые технологии занимают важное место в учебно-воспитательном процессе, так как не только способствуют воспитанию познавательных интересов и активизации деятельности учащихся, но и тренируют память, развивают внимание и познавательный интерес к предмету.

Литература

1. Игровые технологии в обучении математике, информатике, физике, Учебное пособие, Буслова Н.С., Алексеевнина А.К., 2021.

© Нургалина К.Г., Запивахина М.Н., 2022 г.

КОГНИТИВНАЯ ГРАФИКА

Анкудинова А.Н., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета
г. Бирск, Россия

Когнитивный [от лат. *cognitio* - восприятие, познание] — это процессотносящийся к познанию, с помощью которого происходит обработка информации функциями нашего мозга, которые обеспечивают формирование понятий, оперирование ими и получение выводных знаний.

Появление и развитие средств компьютерной графики открывает для сферы образования принципиально новые потенциалы, благодаря которым появилась возможность не только использовать графические образы в качестве иллюстраций, но и изменять их по своему усмотрению, исследовать поведение объектов, динамически управлять их содержанием, формой, размерами и цветом, добиваясь наибольшей наглядности.

Применение когнитивной графики в учебных системах не только увеличивает скорость восприятия информации учащимся и повышает уровень ее понимания, но и способствует развитию таких важных для специалиста любой отрасли качеств, как интуиция, образное и логическое мышление.

Функция когнитивной графики состоит в том, чтобы с помощью некоторого изображения получить новое знание, раскрыть сущность явления или, по крайней мере, способствовать интеллектуальному процессу получения представления об этом явлении. Именно когнитивная графика имеет наибольшее значение в учебном процессе, так как компьютерные модели позволяют в широких пределах изменять начальные условия экспериментов, что позволяет выполнять многочисленные виртуальные опыты. Такая интерактивность открывает перед учащимися огромные познавательные возможности, делая их не только наблюдателями, но и активными участниками проводимых экспериментов.

Литература

1. Алексанян Г.А. Эффективности использования новых информатичных технологий в обучении в математике. – Новые технологии, 2018. – 1-3 с.
2. Петровец А.Д. Компьютерная графика. 2015. – 56 с.

© Анкудинова А.Н., Запивахина М.Н., 2022 г.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

Минилбаева С.К., Запихаина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Школьная дисциплина – математика, может сыграть большую роль в формировании многих качеств, необходимых успешному современному человеку. Школьники учатся рассуждать, доказывать, находить рациональные пути выполнения заданий, делать соответствующие выводы. Общеизвестно, что «математика – самый короткий путь к самостоятельному мышлению», «математика ум в порядок приводит» как отмечал М.В. Ломоносов. Тревогу о будущем своих учеников всегда испытывают учителя, выпуская их в мир взрослых. Во многом на учителях лежит ответственность за желание детей учиться, за качество их образования, а в конечном итоге за успешную социализацию после окончания школы.[1]

Всем детям дарована от природы склонность к познанию и исследованию окружающего мира. Правильно поставленное обучение должно совершенствовать эту склонность, способствовать развитию соответствующих умений и навыков. Необходимо прививать школьникам вкус к исследованию, вооружать их методами научно-исследовательской деятельности.

Исследовательская деятельность учащихся – это совокупность действий поискового характера, ведущая к открытию неизвестных для учащихся фактов, теоретических знаний и способов деятельности.

Основные этапы учебного исследования:

1) Мотивация – создание условий для возникновения у ученика вопроса или проблемы.

2) Этап формулирования проблемы. В идеале сформулировать проблему должен сам ученик в результате решения мотивирующей задачи

3) Сбор фактического материала. Может осуществляться при изучении соответствующей учебной или специальной литературы либо посредством проведения испытаний, всевозможных проб.

4) Выдвижение гипотез. Полезно прививать учащимся стремление записывать гипотезы на математическом языке, что придает высказываниям точность и лаконичность. Не нужно ограничивать число предлагаемых учащимися гипотез.

5) Проверка гипотез. Позволяет укрепить веру или усомниться в истинности предложений, а может внести изменения в их формулировки

6) На последнем этапе происходит доказательство истинности гипотез, получивших ранее подтверждение

Занятие исследованиями на уроках способствует сближению образования и науки, так как в обучение внедряются практические методы исследования объектов и явлений природы – наблюдения и эксперименты, которые являются специфичной формой практики. Их педагогическая ценность в том, что они помогают учителю подвести учащихся к самостоятельному мышлению и самостоятельной практической деятельности. способствуют формированию у школьников таких качеств, как вдумчивость, терпеливость, настойчивость, выдержка, аккуратность, сообразительность; развивают исследовательский подход к изучаемым технологическим процессам.

Главная цель организации исследовательской деятельности на уроках математики - формирование творческой личности, обладающей элементарными навыками самостоятельной работы. Участие в ней дает прекрасную возможность для самореализации личности школьника, его творческих способностей.

Среди различных форм представления результатов исследований следует особо выделить компьютерные презентации. Современная вычислительная техника позволяет сообщить зрителю максимальное количество информации в наглядной, доступной и занимательной форме.

“Творчество не имеет границ. Человек тысячи лет изучает всевозможные области как собственной, так и природной деятельности, но сказать, что он знает всё, невозможно, ибо жизнь потеряет смысл и интерес...”

Литература

1. Белов А. Об организации учебно-исследовательской деятельности в области математики// Внешкольник.1997. № 7-8.

© Минилбаева С.К., Запивахина М.Н., 2022г.

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Северцов С.А., Вильданова В.Ф.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

С переходом на новые ФГОС возникла необходимость в обеспечении углубленного изучения предмета математики и подготовки учащихся к олимпиадам, сдаче ОГЭ и ЕГЭ, продолжению образования в ВУЗах. Поэтому одним из критериев знаний основных разделов школьной математики, уровня математического и логического мышления можно считать владение приемами решения задач методом математической индукции.

Доказательство теорем заслуженно занимает в математическом образовании огромное место. Школьная практика показывает, что при обучении доказательству теорем учебно-познавательная деятельность учащихся направляется учителем главным образом на понимание и запоминание, в ущерб ознакомлению школьников с методами и способами рассуждений, лежащих в основе поиска доказательств [1].

В современном образовании наблюдается картина, что учитель в целях экономии времени и сил преподносит учащимся готовые формулы, теоремы, однако необходимо научить школьников и различным методам доказательств, в том числе методу математической индукции.

В работе [1] была рассмотрена суть метода математической индукции, а также простейшие примеры его применения.

Математическая индукция - это основа одного из самых распространенных методов математических доказательств. Используя его, можно доказать многие формулы и выражения с натуральными числами. Таким образом, учителю необходимо уделять время на методические особенности изучения различных тем с использованием метода математической индукции.

Литература

1. С. А. Северцов, В. Ф. Вильданова. Метод математической индукции на уроках математики в средней школе // Материалы I Всероссийской молодежной школы-конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.Д. Сахарова, Уфа, 25–27 апреля 2022 года.– С. 121-125.

© Северцов С.А., Вильданова В.Ф., 2022 г.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Ахметова Г.Ю., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета
г. Бирск Россия

Дистанционное обучение — взаимодействие учителя и учащихся между собой на расстоянии, отражающее все присущие учебному процессу компоненты и реализуемое специфичными средствами

Дистанционная форма обучения предоставляет обучающимся возможность освоения образовательных программ в удобное для них время и независимо от их местонахождения, в любом месте, где есть компьютер и Интернет.

Учитель, планирующий дистанционный урок сам должен понимать: какие цели он ставит перед собой при разработке урока; чему он хочет научить ученика; как сформулировать их для учащегося. Используя дистанционные технологии педагоги применяют разнообразные формы работы с детьми: Skype-занятия, web-занятия, где ребята самостоятельно изучают образовательный ресурс, выполняют задания, а педагог его проверяет и дает обязательную рецензию выполненному заданию при личной встрече.

Объем учебных занятий, их содержание и темп прохождения дозируется строго индивидуально. Специальная учебная среда позволяет прокомментировать каждую работу ученика, дать рекомендации по исправлению ошибки – работать с каждым ребенком до полного решения учебной задачи. Задача учителя – не передать ученику определенный объем знаний, а организовать его самостоятельную познавательную деятельность, научить его самостоятельно добывать знания и применять их на практике.

Литература

1. Каримова А.К. Особенности преподавания математики в условиях дистанционного обучения / А.К. Каримова, Е.В. Пономарева, Л.В. Звезда. — текст : непосредственный // молодой ученый. — 2020. — № 33 (323). — с. 116-121. — url: <https://moluch.ru/archive/323/73171/> (дата обращения: 03.10.2022).

© Ахметова Г.Ю., Запивахина М.Н., 2022 г.

НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ: ЕГО СУЩНОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ. КЛАССИФИКАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Виноградова А.Д., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Научное исследование – процесс выработки новых научных знаний, форма реализации и развития науки, осуществление оценки влияния на объекты разных факторов и наряду с этим изучение взаимодействия между явлениями с целью получения убедительно доказанных и полезных для науки и практики решений.

Сущностью научного исследования является нахождение определенного объекта, изучение его структуры, характеристик, связей на фундаменте разработанных в науке позиций и приемов познания, а также получение важных для деятельности человека результатов.

Для научного исследования характерны отличительные особенности: обязательно целенаправленный и организованный процесс; новизна результатов, полученных в процессе открытия неизвестного; систематичность и упорядоченность процесса исследования и его результатов; точность полученных данных; воспроизводство полученных результатов; демократичность.

Научные исследования в зависимости от своего целевого назначения, степени связи с природой или промышленным производством, глубины и характера научной работы подразделяются на несколько основных типов: фундаментальные исследования; прикладные исследования; разработки.

Литература

1. Бубенчиков. А. А. Основы научных исследований. –ОмГТУ,2019. – 7-10 с.
2. Огурцов А. И. Основы научных исследований. –НТУ «ХПИ», 2008. 5-18с.

© Виноградова А.Д., Запивахина М.Н., 2022 г.

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ

Хажин Ю.Р., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Раньше методику преподавания считали разделом педагогики, который изучает методы обучения, а уже к первой половине 19 века методика формируется как самостоятельная наука. В 1985 году, когда в школу был введен общеобразовательный предмет «Основы информатики и вычислительной техники» началось формирование новой области педагогической науки - методика преподавания информатики.

Методика преподавания – это отрасль педагогической науки, которая исследует процесс изучения, целью которого является достижение его большей эффективности.

Главной задачей методики преподавания является раскрытие закономерностей обучения, на базе которых устанавливаются нормативные требования к обучающей деятельности учителя, а так же к познавательной деятельности обучающихся.

Объектом методики преподавания информатики является процесс обучения информатике в школе, а предметом является проектирование, конструирование и анализ методических систем преподавания информатики в школе.

Исходя из этого, можно дать следующее определение методике преподавания информатики - это наука, изучающая информатику как учебный предмет и правильности процесса обучения информатике учащихся разных возрастных групп. Методика преподавания информатики, в своих исследованиях и выводах основной упор делает на философию, логику, педагогику, математику, информатику, психологию, а так же на обобщенный опыт работы учителей информатики.

Литература

1. Кузнецов А.А. Общая методика обучения информатике.1 часть: учебное пособие для студентов педагогических вузов / А.А. Кузнецов, Т.Б. Захарова, А.С. Захаров – М.: Прометей, 2016. – 300 с.
2. Методика преподавания информатики: Учебное пособие для студентов педагогических вузов/М.П. Лапчик, И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер; Под общей ред. М.П. Лапчика. – М.: Издательский центр «Академия», 201. – 624 с.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНАТОРИКИ И ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ РЕШЕНИИ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧ

Колокольникова Д.В, Бигаева Л.А.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Для решения олимпиадных задач по математике и информатике нередко требуются знания о комбинаторике и теории графов. На практике метод графового моделирования применяется тогда, когда в условии описаны существующие объекты любой природы и отношения между ними, которые можно изобразить в виде вершин и ребер графа [1]. Включение таких задач в олимпиады обосновано тем, что они нацелены на более полный мониторинг знаний теоретического материала и интеллектуальной деятельности учащихся в образовательном процессе.

Пример. На соревнованиях по фигурному катанию Лера, Катя, Маша, Нина и Юлия заняли первые пять мест. Мнения судей о том, как распределились места, разошлись. 1-я судья: Лера была 1-й, а Катя и Маша – 2-й и 3-ей соответственно. 2-я судья: Лера была 2-й, а Нина и Юлия – 3-ей и 4-й соответственно. 3-я судья: Юлия была 5-й, а Маша – 2-й. 4-я судья, председатель жури на этих соревнованиях, сказал, что каждый из них сделал одно правильное и одно неправильное заявление. Определите, какое место заняла каждая из фигуристок?

Решение. Построим граф (Рис.1.а). Ответом данной задачи является граф б): Лера заняла 1-е место, Маша - 2-е, Нина - 3-е, Юлия - 4-е, а Катя - 5-е. (Рис.1.б). Так как, рассматривая любой другой граф, например, состоящий из линий Л-2, К-2, М-2 и Ю-5 мы наблюдаем пересечение ребер, заключающееся в том, что Лера и Катя заняли 2-е место вместе, чего не может быть.

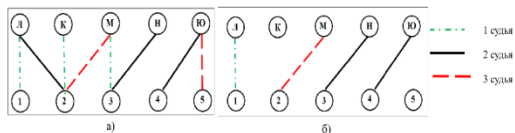


Рис.1. Графы, соответствующие условию и ответу задачи

Применение теории графов и комбинаторики для решения подобного рода задач, требующих нестандартный, творческий подход к решению, дает более наглядный и простой способ решения.

Литература

1. Оре О. Графы и их применение / пер. с англ. Л. И. Головиной; под ред. И. М. Яглома. — М.: Мир, 1965. — 175 с.

© Колокольникова Д.В, Бигаева Л.А., 2022 г.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

Хайбрахманова Л.Н., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск Россия

Система образования является одним из главных социальных институтов общества. В общественной жизни всегда протекают процессы, которые приводят к изменениям. Среди них можно выделить: изменение характера профессиональной деятельности, высокий темп углубления и расширения знаний, а также выдвигаются новые требования для подготовки будущих специалистов. Можно выделить пять основных тенденций развития методики обучения математике.

Первая тенденция заключается в изучении математики без заучивания. Надо не просто запоминать и заучивать числа, но и познать концепцию чисел и тогда они предстанут как отдельные объекты.

Следующая методика заключается в понимании математики с финансовой стороны. Помимо обычных задач обучающиеся сталкиваются с заданиями, которые не решить без знания процентов и пропорций. Такой вид задач позволяет быть ориентированным в реалиях нашей жизни.

Следующая тенденция- это разработка проектной деятельности. Преимущество метода заключается в развитии коммуникабельных способностей, повышении самостоятельности. Работая над проектом, обучающиеся сами решают проблему и составляют план ее решения.

Интересной является концепция шахматной доски, ведь игра в шахматы тесно связана с логикой. На уроках математики шахматы иногда становятся практическими иллюстрациями математических понятий.

Представить жизнь без телефона, онлайн-сервисов и социальных сетей невозможно. Это и стало причиной создания методики, которая основывается на взаимодействии детей и девайсов, подключенных к интернету. Данные тенденции не просто определенные методы, которые улучшат преподавание математики, а это «сокровище», которое выведет методику обучения математике на новый уровень.

Литература

1. Зверева Л.Г. Современные тенденции развития методики обучения математике / Л.Г. Зверева, Н.В. Корманенко, Ю.С. Кузнецова // The Scientific Heritage : электронный журнал. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-razvitiya-metodiki-obucheniya-matematike-1> (дата обращения: 02.10.2022).

© Хайбрахманова Л.Н., Запивахина М.Н., 2022 г.

НАГЛЯДНОСТЬ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКИ И ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

Имамова Э.Р., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

«Лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать» - говорит народная мудрость. Эти слова имеют непосредственное отношение к урокам математики. Наглядность в процессе изучения математики особенно важна ввиду того, что здесь требуется достижение более высокой степени абстракции, чем в обучении другим предметам, а она способствует развитию абстрактного мышления, при правильном ее применении.

Под наглядностью понимается дидактический принцип, согласно которому обучение строится на конкретных образах, которые непосредственно воспринимаются учащимися. Принцип наглядности на практике подкрепляется следующими принципами:

- Реальные, жизненные образы и вещи – это основа наглядности. Запоминание предметов происходит лучше, когда они представлены на картинках или моделях, нежели в словесной форме;
- Наглядность – средство, а не цель обучения;
- Понятия воспринимаются учащимися проще тогда, когда они подкрепляются конкретными фактами, примерами и образами; для их раскрытия необходимо использовать различные виды наглядности;
- Нужно использовать наглядность в качестве самостоятельного источника знаний при создании проблемных ситуаций;
- Чрезмерное использование наглядных пособий рассеивает внимание учащихся и мешает воспринимать основную информацию.
- Применение наглядных средств в обучении позволяет воспитывать у учащихся внимание, наблюдательность, культуру мышления, а так же интерес к обучению.

Таким образом, наглядность, как средство в сфере образования просто необходимо, естественно, при правильном и рациональном его использовании.

Литература

1. Коменский Я.А. Великая дидактика. Из пед. соч. Т.1 М.: Педагогика, 1974.
2. Коджаспирова Г.М., Петров К.В. Технические средства обучения и методика их использования. Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений- М.: Академия, 2002.

© Имамова Э.Р., Запивахина М.Н., 2022 г.

ТЕОРИЯ ГРАФОВ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ МАТЕМАТИКИ

Садрисламов М.Ф., Бигаева Л.А.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Основная идея графов была впервые предложена в 18-м веке швейцарским математиком Леонардом Эйлером, одним из самых выдающихся математиков того времени. Его работа над знаменитой "Задачей семи мостов Кенигсберга" часто считается началом теории графов [1]. Теория графов - мощный инструмент для решения множества задач, имеющих практическое применение, но она не включена в учебную программу на школьном уровне. Поэтому важно исследование роли заданий с графами в развитии мышления учащихся, развитие у учащихся навыков решения такого рода задач. В настоящее время концепции и понятия теории графов широко используются повсеместно, включая экономику, информационные технологии, химию и биологию. Теория графов также активно используется в программировании при написании различных алгоритмов.

Применение графов в процессе преподавания математики делает сложные для усвоения учащимися темы более простыми и наглядными.

Например, графы помогают в изучении темы функции. Используя графы, можно объяснить учащимся, когда введенное соответствие является функцией, когда нет, что такое обратная функция и когда она существует и т. д. Используя блок - схемы можно наглядно представить последовательность действий при решении задач разного рода. Задача, представленная в таком виде, имеет большую наглядность и облегчает учащемуся понимание алгоритма ее решения. Ученик понимает, какие действия и в какой момент нужно совершить, чтобы решить задачу.

Таким образом, применение графов на уроке математики упрощает решение многих математических задач, придавая им наглядность и простоту. Задачи с использованием графов, несомненно, должны использоваться не только на элективных курсах по математике, при подготовке к олимпиадам, для улучшения творческих способностей, но и непосредственно на уроках математики и информатики для расширения кругозора учащихся и повышения качества преподавания.

Литература

1. Зыков А.А. Основы теории графов – М.:Вузовская книга, 2004. – 664с.

© Садрисламов М.Ф., Бигаева Л.А., 2022 г.

**МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ СЮЖЕТНЫХ ЗАДАЧ В
КУРСЕ МАТЕМАТИКИ 5-6 КЛАССОВ**

Сафагариев Д.М., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

С давних пор задачи играют огромную роль в обучении. Решение задач выступает и как цель, и как средство обучения. Умение ставить и решать задачи является одним из основных показателей уровня развития учащихся, открывает им пути овладения новыми знаниями: знакомится с новой ситуацией, описанной для решения задачи и т.д. Иными словами, при решении задач человек приобретает математические знания, повышает свое математическое образование. При овладении методом решения некоторого класса задач у человека формируется умение решать такие задачи, а при достаточной тренировке - и навык, что тоже повышает уровень математического образования.

При решении ученик обучается применять математические знания к практическим нуждам, готовится к практической деятельности в будущем, к решению задач, выдвигаемых практикой, повседневной жизнью. Решение задач приучает выделять посылки и заключения, данные и искомые, находить общее и особенное в данных, сопоставлять и противопоставлять факты. При решении математических задач, как указывал А.Я. Хинчин [2], воспитывается правильное мышление и учащиеся приучаются прежде всего к полноценной аргументации.

Текстовые задачи используются как очень эффективное средство усвоения учащимися понятий, методов, вообще математических теорий, как наиболее действенное средство развития мышления учащихся, как универсальное средство математического воспитания и незаменимое средство привития учащимся умений и навыков в практических применениях математики. Решение задач хорошо служит достижению всех тех целей, которые ставятся перед обучением математике.

Литература

1. Методика преподавания математики в средней школе. Частная методика [Текст]: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по физ. - мат. спец. / А.Я. Блох, В.А. Гусев, Г.В. Дорофеев; Сост.В.И. Мишин. - М.: Просвещение, 1987. - 416 с.

2. Хинчин А.Я. О воспитательном эффекте уроков математики // Повышение эффективности обучения математике в школе: [Сб.] / Сост. Г.Д. Глейзер - М.: Просвещение, 1989.

© Сафагариев Д.М., Запивахина М.Н., 2022 г.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ 10-11 КЛАССЫ

Мелконян А.А., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

В последнее время выходит немало хороших материалов, посвященных научно-исследовательской работе школьников на высоком уровне. Между тем аналогичных материалов для начинающих почти нет. Однако такие материалы не менее важны по следующим причинам. Количество потенциальных участников исследовательских работ начального уровня в десятки раз больше, чем «продвинутого» (как в школьной олимпиаде в сравнении с региональной). Когда сильный ученик решает сложную задачу (даже и не исследовательскую), ему волей-неволей приходится выдвигать гипотезы, ставить вспомогательные задачи и т. д. А вот обычный ученик, решающий задачи из учебника, может успешно пройти весь курс школьной математики («решать примеры») и нигде не столкнуться с математическим открытием. Его шанс — школьный кружок школьная исследовательская работа. У пирамиды должно быть надежное основание: ученик легче включается в решение сложных исследовательских задач, если имеет опыт решения простых. Я считаю, что содержательная исследовательская работа по математике на простом уровне возможна и полезна.

Литература

1. Атанасян Л. С. Геометрия 7-9 кл.: учебное пособие для общеобразовательных организаций – 2-е изд. – М. : Просвещение, 2014
2. Далингер В.А. Поисково-исследовательская деятельность учащихся по математике: Учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГПУ, 2005.
3. Куланин Е. Д., Шихова Н. А. Исследовательские задания по геометрии. 8–10 классы. М.: Илекса, 2013.

© Мелконян А.А., Запивахина М.Н., 2022 г.

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НА ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Гурьянов В.А.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М.Акумлы, г. Уфа, Россия

Современный характер образования ориентирован не только на постановку целей, но и на формирование перечня необходимых знаний умений и навыков для осуществления эффективной деятельности учащегося.

Проблемой большинства учащихся остается неумение эффективно применять полученные знания и навыки в решении поставленных задач, что может свидетельствовать о не достижении уровня компетентности, необходимого для успешной деятельности, в том числе сдачи государственных экзаменов.

Многие оптические явления, имеющие важное практическое значение, удастся объяснить в рамках геометрической оптики, в которой распространение света описывается с помощью светового луча – линии, касательная к которой в каждой точке совпадает с направлением распространения световой энергии. Поэтому решение задач геометрической оптики сводится к определению хода световых лучей в оптических системах.

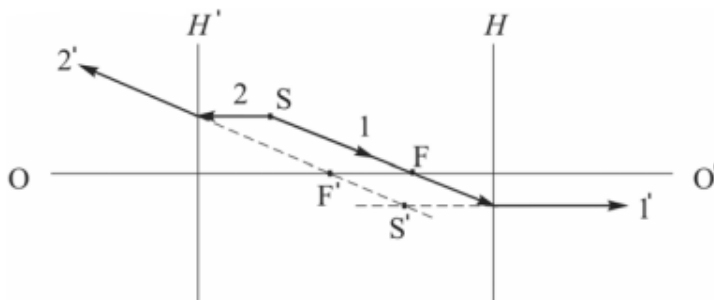


Рис. 1. Построение изображения S' точки S

Основные свойства света как распространяющихся в пространстве электромагнитных волн вытекают из фундаментальных законов для электромагнитного поля (уравнения Максвелла) и соотношений, описывающих отклик среды на воздействие электромагнитного излучения (материальные уравнения).

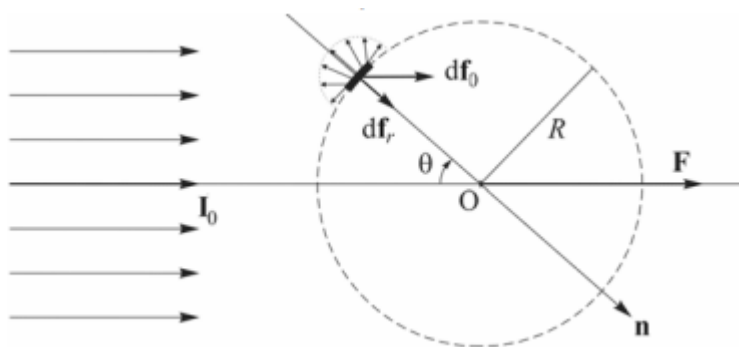


Рис. 2. Рассеяние энергии элементом поверхности шара

Решение задачи о дифракции света даже в простейших случаях сопряжено с большими трудностями. Поэтому широкое применение нашли приближенные методы расчета дифракционной картины. Среди таких методов можно выделить метод зон Френеля. В его основе – принцип Гюйгенса, согласно которому каждая точка волнового фронта может рассматриваться как источник вторичных (сферических) волн. Френель дополнил этот принцип условием, что вторичные волны когерентны и потому могут интерферировать друг с другом. Таким образом, согласно принципу Гюйгенса – Френеля для некоторой точки наблюдения Р действие светящейся точки Р₀ эквивалентно действию источников вторичных волн на любой волновой поверхности.

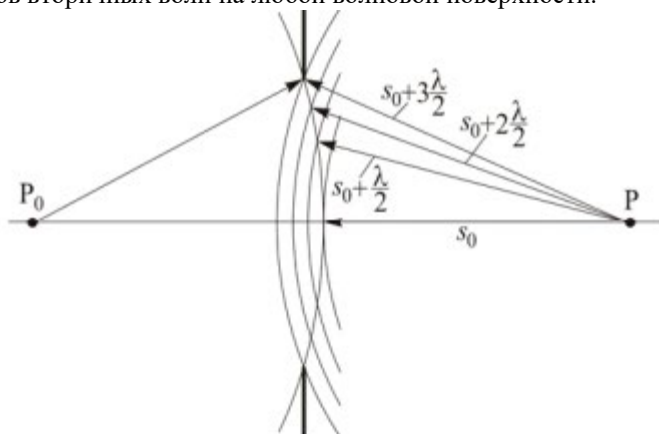


Рис. 3. Построение зон Френеля

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Миннеханова В.В., Запивахина М.Н.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск Россия

В статье дается обзор основных теоретических аспектов характерных для приобщения учащихся средней школы к опыту исследовательской деятельности, дается характеристика исследовательских умений и компонентов исследовательской деятельности школьников.

Организация исследовательской деятельности в процессе обучения математике ведет к повышению качества образования, т. к. работает на развитие личности ученика, на овладение им ключевыми компетенциями, что позволяет ему показывать высокие результаты на итоговой аттестации и быть востребованным социумом.

Интерес к проблемам математического образования усиливается в связи с возрастающим значением математики в образовании. Подготовка конкурентоспособного выпускника школы при условии сохранения фундаментальной математической подготовки потребовала гармоничного сочетания его теоретической и прикладной составляющих и обусловила актуальность поиска новых методико-педагогических подходов к выстраиванию всей системы математического образования.

Исследовательская деятельность, с точки зрения учащихся, – это возможность самостоятельно создать интеллектуальный продукт, максимально используя свои возможности; это деятельность, позволяющая проявить себя, попробовать свои силы, приложить свои знания, принести пользу и публично показать результат, самоутвердиться.

Исследовательская деятельность – это средство, позволяющее создать наилучшую мотивацию самостоятельной познавательной деятельности, это удовлетворение от поиска новых форм работы, их реализации.

Исследовательская деятельность позволяет выявить творческие способности учащихся, их деловые качества.

Поэтому нынче как никогда актуальны слова писателя Кларка: “Мало знать, надо и применять. Мало очень хотеть, надо и делать!”.

Литература

1. Фундаментальное ядро содержания общего образования / Под ред. В. В. Козлова, А. М. Кондакова. – М.: Просвещение, 2011. – 79 с.

© Миннеханова В.В., 2022 г

ВЛИЯНИЕ МОТИВАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИКИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

Ахметзянова Э.Р., Фатыхов М.А.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В работе исследуется влияние мотивации к изучению физики на результаты единого государственного экзамена. Объектами исследования являлись обучающиеся 7-11 классов. Нами были проанализированы научная литература по проблеме исследования [2], проведены анкетирование, тестирование [1], анализ ведомостей успеваемости и ЕГЭ и обработанные данные представлены в виде таблицы, диаграммы, графики

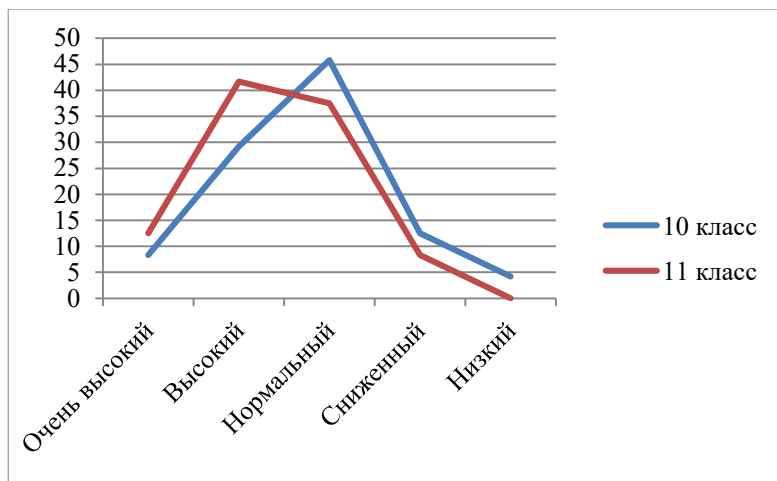


Рис. 1 Сравнительный график уровня мотивации в 10 и 11 классах

На рис. 1 представлен сравнительный график уровня мотивации в 10 и 11 классов

Успеваемость и качество знаний свидетельствуют о возрастающем интересе обучающихся к обучению физики.

Результаты анкет сопоставили с результатами единого государственного экзамена.

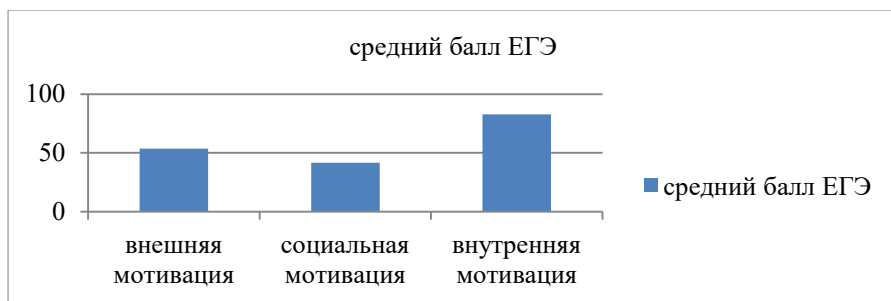


Рис 2. Сравнение уровневой мотивации с результатами ЕГЭ

Анализируя данные можно сделать следующие выводы: мотивация к изучению предмета физики влияет на результаты единого государственного экзамена. А именно, учащиеся, имеющие внутреннюю мотивацию к изучению предмета физики, получили на ЕГЭ от 74 до 99 баллов, в то время как учащиеся мотивированные внешне результативность ЕГЭ по физике от 42 баллов до 66 баллов. Данные учащихся с социальной мотивацией от 38 баллов до 46 баллов.

Проведенное нами лонгитюдное исследование подтвердило корреляцию между мотивацией и успеваемостью учащегося на ЕГЭ. Прямая взаимосвязь между этими характеристиками прослеживается как в первой части исследования, проведенной в 7-9 классах (основная школа), так и в 10-11 классах (старшая школа).

Литература

1. Гинзбург М.Р. Диагностика учебной деятельности и интеллектуального развития детей, М., Просвещение, 1981, 265 с.
2. Гордеева, Т.О. Мотивы учебной деятельности учащихся средних и старших классов современной массовой школы [Текст] / Т.О. Гордеева // Психология обучения. – 2010. – №6. – С. 17-32.

© Ахметзянова Э.Р., Фатыхов М.А., 2022 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

Гафарова К.Р., Хуснуллин И.Х.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Организация проблемного обучения подразумевает использование методов и приемов преподавания, которые вытекают из взаимосвязанных проблемных ситуаций и определяют использование соответствующих методов обучения. Основная цель создания проблемных ситуаций на уроках математики заключается в осознании и разрешении этих ситуаций в ходе совместной деятельности обучающихся и учителя, при оптимальной самостоятельности учеников и под общим направляющим руководством учителя, а так же в овладении учащимися в процессе такой деятельности знаниями и общими принципами решения проблемных задач [3].

Проблемная ситуация возникает тогда, когда имеется противоречие между практически достигнутым результатом выполнения учебного задания и отсутствием у учащихся знаний для его теоретического обоснования. Возможности управления процессом учения состоят в том, что проблемная ситуация в своей психологической структуре имеет не столько предметно-содержательный, сколько мотивационный, личностный оттенок (интересы, желания, потребности, возможности ученика)[2].

Суть проблемного обучения заключается в том, что в различных видах творческой учебной деятельности учащихся учитель создает цепочку проблемных ситуаций и управляет мыслительной исследовательской деятельностью по усвоению новых знаний путем самостоятельного или коллективного решения учебных задач.[1] Учитель создает проблемную ситуацию, направляет учащихся на ее решение, организует поиск решения, структура проблемного урока содержит элементы логики познавательного процесса (логики продуктивной мыслительной деятельности) и создает возможности управления самостоятельной учебно-познавательной деятельностью ученика.

Для уроков математики характерно предложение заданий на обобщение, практических, невыполнимых, создающих ситуацию затруднения с содержанием новой темы. Основу проблемного обучения составляют проблемные ситуации, создаваемые учителем с помощью

вопросов, задач и заданий. Проблемная ситуация – это такая ситуация, в которой субъект хочет решить какую-то задачу, но ему не хватает данных, знаний и он должен сам их найти. Проблемные ситуации на уроках математики делятся на два типа: с затруднением и с удивлением.

Проблемные ситуации на уроке математики могут быть поставлены с помощью проблемных задач с недостаточными или избыточными исходными данными, с неопределенностью в постановке вопроса, с противоречивыми данными, с заведомо допущенными ошибками, с ограничением времени для решения задачи, на преодоление психической инерции и т.д. [3]. В практике работы учителей чаще используются проблемные ситуации, созданные на основе столкновения различных точек зрения, связанные с обобщением и сравнением явлений и фактов, а также практические задачи.

Литература

1. Практико-ориентированная подготовка педагога: теория и технологии : монография / под редакцией Т. И. Шукшиной. — Саранск : МГПИ им. М.Е. Евсевьева, 2020. — 143 с. — ISBN 978-5-8156-1284-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/17628>
2. Современные технологии обучения : учебное пособие / составитель О. С. Индейкина. — Чебоксары : ЧГПУ им. И. Я. Яковлева, 2021. — 128 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/192316>
3. Скафа, Е. И. Методика обучения математике: эвристический подход. Общая методика : учебное пособие / Е. И. Скафа. — Донецк : ДонНУ, 2020. — 440 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179960>

© Гафарова К.Р., Хуснуллин И.Х., 2022 г.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФИЗИКЕ СРЕДСТВАМИ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Гафарова К.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В Федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования среди приоритетных целей и задач физического образования называется цель «приобретение опыта применения научных методов познания, наблюдения физических явлений, проведения опытов, простых экспериментальных исследований, прямых и косвенных измерений с использованием аналоговых и цифровых измерительных приборов; понимание неизбежности погрешностей любых измерений» [1]. Одним из путей достижения поставленной цели является применение цифровых лабораторий на уроках физики. Возможности для получения знаний разнообразны, одним из способов являются мультимедийные технологии, а при преподавании предмета физика – это цифровые лаборатории.

Цифровая лаборатория - это комплект оборудования, включающий: набор проводных и беспроводных цифровых датчиков, регистрирующие значения различных физических величин; интерфейсы для подключения датчиков к компьютеру и программное обеспечение, позволяющее собирать, анализировать и визуализировать изучаемые процессы. Можно сказать, что цифровая лаборатория позволяет реализовать требования ФГОС нового поколения по освоению методов научного познания в ходе проведения учебных исследований и использования средств ИКТ для познавательных целей [2].

Основными видами лабораторных работ считаются физический практикум и фронтальные лабораторные работы. Сравним их с лабораторными работами средствами цифровых лабораторий по следующим показателям: цель, место в учебном процессе, оборудование, содержание, форма организации, степень самостоятельности. больших различий в этапах традиционной организации лабораторных работ от лабораторных экспериментов на базе цифровых лабораторий. Вычислительная техника дает возможность создания абсолютно нового инструментария для обработки измерений, разработки принципиально новых работ школьного практикума, получения в них кардинально новых результатов, недостижимых в условиях применения стандартного школьного оборудования, Ученик получает возможность для проведения

дополнительных измерений, если появились сомнения в достоверности предыдущих, для постановки эксперимента в новых, измененных условиях, если это нужно для проверки возникшей гипотезы по объяснению наблюдений. Но, есть отличия в содержании работы. Проведение лабораторных работ с помощью цифровых лабораторий имеет свои особенности. Например, она требует более четкого, ясного, подробного указания выполнения работы. Также могут появиться существенные проблемы при применении цифровых лабораторий. Например, подмена целей, то есть вместо изучения явления – регистрация данных, возможность снижения эффективности самостоятельной работы обучающихся, так как практически все вычисления и построения проводит компьютер или отсутствие понимания обучающимися принцип работы датчиков, приводящий к сложностям установления причинно-следственных связей между наблюдаемым явлением и графиками на экране [3]. Отметим, что при подготовке эксперимента с применением цифровых лабораторий для уроков физики, необходимо учитывать возрастные особенности обучающихся, их психическое развитие, так как способности формируются и развиваются под воздействием жизнедеятельности, обучения и воспитания человека, значит, в одинаковых условиях у людей складываются не одинаковые способности.

Таким образом, при использовании цифровых лабораторий появляются новые возможности применения мультимедиа для обучения ученика технике проведения экспериментальных работ, оценке ошибок измерений, заполнения экспериментальных таблиц, построения по ним графиков. Это может облегчить труд учителя. В то же время использование шаблонов по оформлению экспериментальных работ позволит быстрее воспитать в школьниках культуру представления результатов собственных исследований в наиболее наглядном виде, что важно в условиях современного общества, компьютеризированный практикум по физике может сыграть существенную роль в достижении общих целей образования.

Литература

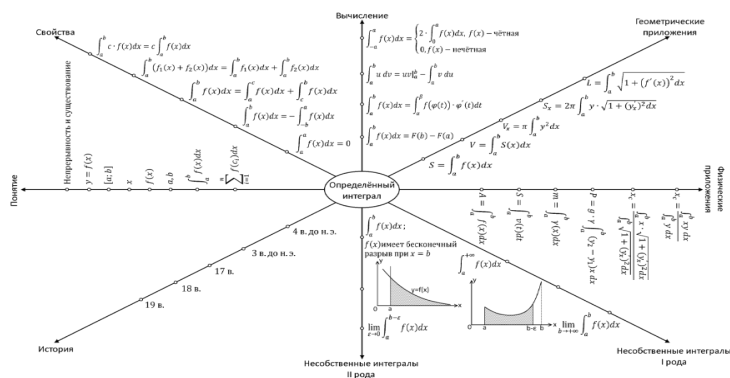
1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования [Электронный ресурс]/ Министерство образования и науки Рос. Федерации. Режим доступа: <https://минобрнауки.рф/документы/2365>
2. Петухова Е.А. Методические материалы по применению цифровых лабораторий в учебной и внеурочной деятельности физике, 2020. – 15 с.
3. Анисимова А.В. Цифровые лаборатории [Электронный ресурс] // ОГБОУ ДПО «КОИРО».

© Гафарова К.Р., 2022 г.

ДИДАКТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Арсланбекова С.А., Зиянгирова С.Р., Сахибгараев Б.А., Токарев Р.И.
 Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

Высшее образование в настоящее время доступно всем желающим продолжить обучение после школы, техникума и др. Зачастую в группе оказываются студенты с разным качеством базовых знаний и развития мышления. Преподавателю необходимо вовлечь студентов в учебную деятельность, учитывая вероятный разброс уровня их подготовки. Для решения этого вопроса удобно применять логико-смысловые модели, которые составляются под руководством преподавателя поначалу, а затем и самостоятельно обучающимися. В качестве примера см. [1]. Для примера приводим одну из составленных нами моделей к изучению темы «Определенный интеграл».



Такие дидактические модели рекомендуется использовать как сопровождение лекций, как справочный материал.

Литература

1. Мурзина Э. Ф., // Некоторые аспекты дистанционного обучения математическим дисциплинам студетов вузов // Преподавание математики в высшей школе и работа с одаренными студентами в современных условиях. Материалы Международного научно-практического семинара. Редколлегия: М.Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. Могилев, 2022. С. 72-73.

© Арсланбекова С.А., Зиянгирова С.Р.,
 Сахибгараев Б.А., Токарев Р.И., 2022 г.

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ ЗНАНИЙ В СИСТЕМЕ «МАТЕМАТИКА-ПРОФИЛЬНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ»

Дик Е.Н., Зарипов Р.Р., Камильянов М.Р., Яппаров А.А.

Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

Статья посвящена вопросам преемственности математических знаний и использования их при изучении профильных дисциплин. Мы прослеживаем формирование профессиональных компетенций.

Формирование компетенции – способности разрабатывать физические и математические модели, проводить теоретические и экспериментальные исследования процессов, явлений и объектов, относящихся к механизации сельскохозяйственного производства, приводит к знанию методов расчета и моделирования базовых технологических процессов сельскохозяйственного производства.

В современном образовании проявляется преемственно - прикладной аспект математического образования на основе знаний фундаментальных разделов и методов классической высшей математики.

В Башкирском государственном аграрном университете дисциплина «Математика» изучается на младших курсах всех факультетов. Подробнее см. [1]. Знания, навыки и умения, традиционно формируемые при изучении этой дисциплины, являются фундаментом при освоении других дисциплин базовой и вариативной части.

В данной работе проанализирован государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерия».

Дисциплина «Математика» является фундаментальной дисциплиной для получения инженерного и технологического образования, она формирует у будущих специалистов профессиональные компетенции и воспитывает системность мышления, кругозор, способность ставить и решать задачи прикладного направления.

Литература

1. Мурзина Э. Ф., // Некоторые аспекты дистанционного обучения математическим дисциплинам студетов вузов // Преподавание математики в высшей школе и работа с одаренными студентами в современных условиях. Материалы Международного научно-практического семинара. Редколлегия: М.Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. Могилев, 2022. С. 72-73.

© Дик Е. Н., Зарипов Р.Р.,
Камильянов М.Р., Яппаров А. А. 2022 г.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ЧИСЕЛ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ МАТЕМАТИКИ

Исланаева Е.Б., Бигаева Л.А.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Современные подходы к обучению требуют, чтобы развитие личности учащегося, его логического мышления и творческих способностей занимало первое место в учебном процессе. В соответствии с требованиями ФГОС, изучение математики учащимися должно обеспечивать формирование представлений о математике, как части человеческой культуры, формирование логического и математического мышления, владение методами и алгоритмами решения задач, умение находить нестандартные способы решения задач [1].

Элементы теории чисел - один из интереснейших и мало изучаемых в базовом курсе разделов математики. Задания ОГЭ и ЕГЭ по математике с элементами теории чисел относятся к таким задачам, которые имеют ярко выраженный нестандартный характер. Этим они отличаются от задач школьных учебников. Информация, необходимая для решения таких задач, берется из самых различных разделов школьного курса. Поэтому получение решения может потребовать нетривиальных идей и методов.

Из анализа результатов решения задач с содержанием элементов теории чисел из ОГЭ и ЕГЭ за прошлые годы можно увидеть, что такие задачи являются сложными для большинства учащихся. Это связано с тем, что на сегодня школьные учебники и тренировочные варианты по их подготовке содержат недостаточно задач по данной теме. Поэтому конструирование заданий, создание комплекса задач для внеклассной работы по этой теме является важной проблемой, которая требует своего решения. Только хорошее знание числовых множеств и их свойств, умение находить общих делителей, общих кратных двух и более чисел существенно поможет учащимся в решении таких задач. А учителям необходимо научить обучающихся применять эти понятия и свойства для решения учебных и практико- значимых задач.

Литература

1. Жафяров А.Ж. Реализация технологии внедрения компетентностного подхода в школьном курсе математики [Элек. журнал] / «Вестник НГПУ». 2017. Том 7. №2 – С.71-84.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПРОВЕДЕНИЯ НА ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ

Заманова Г.И., Турбин А.Д.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

При изучении дисциплины «Физика (Механика и молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика и квантовая физика)» в рамках направления подготовки 04.03.01 «Химия», «04.05.01» «ФПХ» студенты обязаны освоить профессиональную компетенцию ОПК-4, обозначающую способность планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач. Необходимо отметить, что одной из центральных частей данного курса является лабораторный практикум, состоящий из 5 разделов (1). Виртуальный лабораторный практикум в рамках цифровизации образования может занимать позицию лабораторного практикума. Но при выполнении исключительно виртуальных лабораторных работ возникают проблемы с отсутствием предметной наглядности и использованием в таких программах чрезмерно упрощённых моделей, неспособных полностью заменить настоящий физический эксперимент. Выходом из такого положения могут послужить отснятые заранее видеоматериалы, показывающие полное выполнение лабораторных работ и оснащённые соответствующими методическими указаниями. Данный формат, к сожалению, также уступает проведению очного эксперимента, но предоставляет обучающимся возможность повторного рассмотрения хода работы настоящего физического эксперимента в удобное время и с доступного устройства.

Необходимость модернизации физического практикума, а именно использование цифровых инструментов при проведении виртуального практикума, связана как с моральным устареванием оборудования, эксплуатируемого несколько последних десятилетий, так и с возможностями современных технологий, особенно получивших бурное развитие в ходе реализации федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Использование цифровых инструментов для проведения виртуального лабораторного практикума позволяет:

- открыть доступ к методическому описанию лабораторной работы и справочным материалам изучаемых тем;

- произвести математическую обработку результатов эксперимента с использованием методов оценки погрешностей (3).

В настоящее время вектором развития образовательной деятельности служит развитие цифровизации науки. Этому способствует уровень современных разработок программного обеспечения, позволяющего проводить виртуальные лабораторные практикумы по всем 5 разделам. Так, программное обеспечение SCILAB позволяет создать трехмерную модель, параметры которой описаны специальным кодом. При этом студентам может быть предложена как готовая для проведения эксперимента модель, так и модель, для которой доступно редактирование параметров. В цифровой среде программы SCILAB возможно успешное проведение таких лабораторных работ, как «Движение в поле тяжести», «Электрическое поле линейной системы зарядов» (2), а для освоения таких разделов, как оптика и квантовая физика, в рамках виртуального лабораторного практикума необходимо обратиться к международному опыту – платформа QUANTUM INTERACTIVE, появившаяся в 2015 г. благодаря разработкам Венского университета, позволяет проводить эксперименты из этих разделов физики. Причём данная платформа является бесплатной, доступ к ней обеспечен посредством цифровой сети интернет, то есть онлайн.

Литература

1. Заманова Г.И., Газизов Э.Р. Информационно-компьютерные технологии при обучении физике на физическом лабораторном практикуме. Материалы XII международной научно-практической конференции «Академическая наука – проблемы и достижения» 15-16 мая 2017 г., North Charleston, USA, том 2, с.51-52.
2. Заболоцкая К.А., Сухарев Е.М. Применение системы SCILAB для создания виртуальных лабораторных работ по курсу общей физики. //Дни Науки 2016: тезисы докладов университетской конференции СГУПС (итоги научной работы студентов за 2015/2016 учебный год), ч 1. Технические науки. - Издательство СГУПС, Новосибирск, 2016. – С.29-30.
3. Заманова Г.И. Теоретические и практические аспекты виртуального лабораторного практикума. В сборнике: Проблемы современного физического образования. Сборник материалов VI Всероссийской научно-методической конференции. Отв.редактор М.Х Балапанов. 2021. С. 441-442.

© Заманова Г.И., Турбин А.Д. 2022 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОИЗВОДНОЙ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ МАТЕМАТИКИ

Хурматуллина Э.Т., Бигаева Л.А.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,
г. Бирск, Россия

Решение заданий на использование производной базируется на теоретическом материале, состоящем из нескольких основных теорем и определений [1]. Перед изучением понятия производной необходимо выполнить следующие действия:

1. повторить вопросы, связанные с линейной функцией и элементарными функциями, что объясняется основной идеей дифференциального исчисления;
2. отработать понятия приращения функции и приращения аргумента, что может быть иллюстрировано графиками функций;
3. выработать у обучающихся твердых навыков в их нахождении;
4. выяснить геометрический смысл отношения приращения функции к приращению аргумента, ввод понятия касательной к кривой как предельного положения секущей.

После того как это будет отработано, можно переходить к введению понятия производной. Успешной будет связка понятия с основной проблемой дифференциального исчисления. Для изучения геометрического смысла производной, нужно осуществить повтор материала по линейной функции, ее угловому коэффициенту, понятия производной, а также уже рассмотренные задачи про мгновенную скорость, касательную к графику функции. Для этого считается полезными задания следующих типов [1]:

1. Найдите производную функции;
2. Найдите угловой коэффициент касательной к графику функции в точке с абсциссой x_0 ;
3. Найдите производную функции.

Данные задачи покажут необходимость изучения нового понятия – понятия производной, а также выполнят и дидактическую функцию по подготовке обучающихся к осознанию понятия производная.

Литература

1. Мордкович, А. Г. Алгебра и начала математического анализа. 10 –11 классы. В 2 ч. Ч. 1./ А. Г. Мордкович. – 14-е изд., стер.- М.: Мнемозина, 2016. – 400 с.

© Хурматуллина Э.Т., Бигаева Л.А., 2022 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА КАК ПРОЕКТ

Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Выполнение выпускной квалификационной работы в виде проектной работы – современный вызов в высшей школе. Руководство вузов переходит от рекомендаций к требованиям: выполнению части ВКР в виде стартапов.

Главное преимущество такого формата защиты для студентов - изменение парадигмы мышления: из классической для студента исполнительской позиции перейти в позицию «хозяина» проекта. Важным показателем креативности выпускника является способность быстро встраиваться в проект, проявление его предпринимательских способностей и умение привлечь инвестиции в свои стартапы.

Достаточно сложным является процесс поиска тематики проекта. Тематика проекта должна быть коммерциализуемой, продукт проекта должен быть востребованным потребителем, иметь низкую себестоимость. В условиях вузов, где слабая материально-техническая база, отсутствие современных научно-исследовательских технологий не способствует разработке проектов на высоком научно-исследовательском уровне. Для успешного выполнения ВКР в виде проекта очень важным является наличие предприятия, заинтересованного в конечном продукте проекта. Успешной апробацией идеи проекта является конкурс УМНИК. В случае когда предложенный проект не находит поддержки, есть возможность задать вопросы экспертам, учесть все недостатки и сделать проект жизнеспособным.

Для успешной победы студенческого стартапа и получение финансовой поддержки является умение представить свой проект, грамотно отвечать на заданные вопросы, отстаивать свои идеи реализации проекта.

Параллельно с проектом «Стартап как диплом» Минобрнауки утвердило концепцию развития экосистемы университетского предпринимательства. Упор в ней делается на взаимодействие университетов и регионального предпринимательства. Чтобы стать предпринимательским университетом, необходимо выстроить систему работы с бизнесменами не формально в виде заключения соглашений о сотрудничестве, а привлекать их в качестве наставников для студентов, к созданию образовательных программ и разработке методологий.

ПРИМЕР ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Кныш А.А.

Уральский государственный экономический университет,
г. Екатеринбург, Россия

В современных условиях творческая и инновационная деятельность специалиста играет значимую роль. Нередко можно наблюдать, что студенты первого курса во время занятия «теряются», не всегда готовы воспринимать новый материал, следить за ходом решения задачи, обосновывать ответ и делать выводы. Это объясняется отчасти адаптацией к новому формату учебной деятельности, а также тем, что во время учебной деятельности в школе многие не были вовлечены в самостоятельную исследовательскую работу. А как показывает опыт, для успешного освоения материала студентами вовлечение в исследовательскую работу непосредственно во время занятия необходимо. Например, во время лекции можно задавать студентам вопросы, мотивирующие к дальнейшим размышлениям и введению новых понятий, к проведению небольших исследований.

Рассмотрим пример организации занятий при изучении тем линейного программирования с применением исследовательского контента в процессе закрепления изученного материала. После рассмотрения построения математических моделей задач линейного программирования, графического и симплексного методов решения задач студентам предлагается разделиться на группы по 3-4 человека в каждой и разработать проект, который заключается в составлении задачи, решении ее несколькими методами и оформлением презентации. Для этого выделяется 2 недели.

В результате студенты сформулировали разнообразные задачи. Например, одна из команд рассмотрела создание небольшого производства по выпечке шоколадных тортов и шоколадных кексов. Для составления задачи были изучены рецепты, отобраны наиболее подходящие, проанализированы состав необходимых продуктов и стоимость товара на рынке, учтены спрос на продукцию и временные ресурсы. После проделанной самостоятельной поисковой работы была сформулирована задача, составлена математическая модель задачи, решение разными способами задачи [2] оформлялось в виде презентации. В каждом решении студенты делали комментарии: так, например, в

решении симплексным методом комментарии касались экономического значения коэффициентов из симплексной таблицы. Кроме того, проводился анализ на чувствительность, готовился отчет о решении задачи.

Презентация проектов проходила в отдельное от занятий время в формате мини-конференции, которую организовывали и проводили сами студенты. Преподаватели приглашались в качестве экспертов. Наиболее популярными были задачи по организации производства украшений ручной работы, сбора и продажи компьютерной техники, открытия кинотеатра, распределения времени и других ресурсов.

После этого происходило обсуждение проектов, работы конференции, подведение итогов. Некоторые студенты в процессе составления задач поставили вопрос о возможности постановки двух целевых функций, т.е. могут ли быть многоцелевые задачи, какими методами их решать и как будет формулироваться решение, которое будет наилучшим, максимально соответствующим всем критериям. Студентами были так же поставлены вопросы о нахождении целочисленных решений и существовании других разделов, изучающих методы оптимальных решений задач с нелинейными функциями. У некоторых студентов появился интерес к истории возникновения методов оптимизации.

В процессе данной работы студенты смогли увидеть значимость выполняемой работы, лучше понять методы решения составленной задачи и освоить на практике методы исследовательской работы [3].

Организованная таким образом работа позволила реализовать дифференцированный подход в обучении [1], повысить познавательный интерес студентов, применить исследовательский контент, организовать самостоятельную работу студентов в процессе создания проекта, его презентации и организации конференции. Некоторые студенты проявили интерес в продолжении своей работы – доработке и представлении на конкурсе, написании тезисов и выступлений на конференциях.

Литература

1. Кныш, А. А. Пример организации деловой игры в процессе изучения линейного программирования / А. А. Кныш // *Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании : тезисы докладов X Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию первого декана математического факультета БашГУ Зигандара Иргалеевича Биглова, Уфа, 16–20 октября 2018 года.* – Уфа: Башкирский государственный университет, 2018. – С. 211-213. – EDN NRWBI.

2. Куликова, О. В. Анализ экономического приложения задач линейного программирования с помощью ИКТ : Рекомендовано Советом по учебно-методическим вопросам и качеству образования Уральского государственного экономического университета в качестве учебного пособия / О. В. Куликова, А. А. Кныш, Д. С. Миронов. – Екатеринбург : Уральский государственный экономический университет, 2018. – 85 с. – EDN YKYKMP.
3. Организация исследовательской деятельности студентов: Методические рекомендации / сост. Т. А. Палагута – 2-е изд. доп. и испр. — Курск: ОБОУ СПО «КАТК», 2014. – 25 с.

© Кныш А.А., 2022 г.

РЕАЛИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА НА УРОКАХ

Конопля В.М., Филякова О.В.

КГУ «Средняя школа-гимназия № 9», г. Актобе, Казахстан

В настоящее время происходят большие изменения в системе образования. Введение в школу образовательных стандартов нового поколения в настоящее время очень активно обсуждается. Изменения, предъявляют качественно новые требования к образованию современного человека. Современный человек – это образованный человек. В процессе происходящей модернизации образования у учителей возникает вопрос: «Как в свете новых требований к школе и результатам образования эффективно обучать детей?».

Принятие новых стандартов – это признание системно-деятельностного подхода в образовании как основы для построения содержания, способов и форм образовательного процесса. Стандарт нового поколения помогает научиться учиться, овладеть универсальными учебными действиями [1]. Из пассивного потребителя знаний учащиеся становятся активными субъектами образовательной деятельности. В рамках деятельностного подхода ученик овладевает универсальными действиями, чтобы уметь решать любые задачи.

В настоящее время современный урок – это урок, на котором есть: актуальность, креативность, информационность, действенность, системность, интерактивность, комфортность, коммуникативность. Системно-деятельностный подход в обучении ориентирует учителя на организацию учебного процесса, в котором ведущая роль отводится самостоятельной познавательной деятельности учащихся [2]. Создать у учащегося положительную мотивацию к деятельности на уроке можно за счет: позитивного эмоционального фона, актуализации опорных знаний, постановки проблемы, создания на уроке «точки удивления», искусственного создания затруднений, которые хочется преодолеть, вовлечения учащихся в постановку целей урока через организацию методической цепочки: удивление - интерес - мотив - цель - собственная учебная задача.

Литература

1. Асмолов А.Г. Системно-деятельностный подход в разработке стандартов нового поколения//Педагогика. 2009. №4. с.18-22.
2. Ривкин Е.Ю. Требования к современному уроку//Справочник заместителя директора школы. №1. 2013. с.45–50.

© Конопля В.М., Филякова О.В., 2022 г.

ОБ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ

Шафеев Р.Р., Заманова Г.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В экспериментальной физике законы физики устанавливаются, как правило, путем обобщения опытных данных. Чтобы узнать численное значение данной физической величины, нужно ее измерить. При измерениях мы никогда не получим истинного значения измеряемой величины и связано это с ограниченными возможностями измерительных приборов, а также с другими причинами – получаем разность между истинным значением измеряемой величины и результатом измерения – погрешность измерения. Чтобы знать погрешность измерения, нужно знать истинное значение измеряемой величины, но оно нам неизвестно. Однако путем математической обработки результатов измерений можно оценить истинное значение измеряемой величины по полученным результатам. В настоящее время, несмотря на применение современных методов обучения [1,2], преподаватели вузов сталкиваются с абсолютным незнанием студентов теории погрешностей – математическая обработка результатов измерений вызывает у студентов очень большие затруднения, в особенности, расчёт относительной погрешности косвенного измерения. Практика работы со студентами показывает, что это связано с плохими знаниями и навыками студентов в области дифференциального и интегрального исчисления. Авторы предлагают: показывать расчёты относительной погрешности косвенного измерения на большом количестве примеров; демонстрировать также подробные расчёты, используя возможности дистанционного обучения [3].

Литература

1. Шафеев Р.Р. «Комбинированный подход изучения общей физики в ковидную и постковидную эпохи» // Сборник материалов VI Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы современного физического образования», 2021 г., Уфа, С. 367-368.
2. Заманова Г.И., Шафеев Р.Р. «Электронные курсы по общей физике на заочном отделении ФТИ» // Сборник материалов V Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы современного физического образования», 2019 г., Уфа, С. 189-190.
4. Заманова Г.И., Шафеев Р.Р. «Дистанционное образование и методика преподавания физики на химическом факультете» // Сборник материалов III Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы современного физического образования», 2015 г., Уфа, С. 124-125.

© Шафеев Р.Р., Заманова Г.И., 2022 г.

О НЕКОТОРЫХ ПОСЛЕДСТВИЯХ РЕФОРМ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ФТИ БАШГУ

Габдрахманова Л.А., Закирьянов Ф.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Успех выпускников физико-технического института (ФТИ) БашГУ до недавнего времени во многом был обусловлен высоким качеством преподавания, уровнем подготовки профессорско-преподавательского состава института. Методика преподавания физики в высшей школе была великолепно отработана в XX веке, накоплен огромный опыт преподавания, основное содержание курсов позволяло до недавнего времени формировать прочную базу физических знаний у студентов. Однако за последние 15-20 лет, после вступления России в Болонское соглашение и начала реформирования системы образования, стало очевидным, что для физического образования проведение этой реформы является не просто бесполезным, но и вредным. Причём главным отрицательным последствием перехода к болонской системе для физиков является то, что бакалавры физики не востребованы работодателями. При относительно высоком уровне теоретической подготовки бакалавры фактически не приступали к решению практических задач, и не имеют необходимого практического опыта работы, который давался раньше на 5-м курсе в специалитете, а сейчас – в магистратуре. В то же время ограниченное количество бюджетных мест в магистратуре не способствует подготовке достаточного количества квалифицированных кадров ни для производства, ни для научно-исследовательской сферы.

Другой проблемой физического образования в ФТИ БашГУ является отсутствие воспроизводства преподавательских кадров в необходимом количестве. Произошло «вымывание» кадров наиболее продуктивного возраста 40-50 лет. Именно в этом возрастном слое должны формироваться кадры, которые возьмут на себя будущее физического образования и науки. Однако этот возрастной диапазон практически отсутствует – в ФТИ работают преимущественно «старички» старше 60 лет, либо магистранты и аспиранты до 30 лет. Конечно, связано это, прежде всего с тем, что зарплата в сфере образования несопоставима с той значимостью сферы образования для государства и теми усилиями, которые затрачивает профессорско-преподавательский состав в своей деятельности. Если не принять соответствующих мер, то через 10-15 лет некому будет учить студентов и делать науку.

Постоянно меняющиеся ФГОСы, не принося абсолютно ничего нового, делают из преподавательского корпуса контору по производству

и воспроизводству никому не нужных бумаг. Профессора и доценты заняты ежегодным многократным переписыванием учебных программ, составлением бесчисленных отчётов, заполнением одних и тех же анкет. В силу своей деловой некомпетентности и управленческой безграмотности бюрократам свойственно запрашивать от подчинённых, делающих дело, уйму информации, которая не характеризует дело и потому не нужна для управления. Сбор и предоставление такого рода управленчески никчёмной информации отвлекает преподавателей от учебной и научной работы до такой степени, что дело не делается. Канцелярщина и бумагомарание уносят у людей силы, здоровье, жизнь, не оставляют времени на подготовку к занятиям, научные исследования, отдых.

По упорно внедряемому «эффективному контракту» возрастают требования к публикационной активности, что объясняется желанием «догнать и перегнать» всех и вся в рейтингах лучших университетов. Как это делать в свете последних событий – неясно. Появляются непродуманные требования к внедрению методов дистанционного образования. Окончание пандемии COVID-19 требует пересмотра этих требований. Специфика физического образования во многом не предусматривает иного вида обучения, кроме как непосредственного взаимодействия преподавателя и студента. В особенности это касается физического практикума, лабораторных работ в учебных лабораториях и компьютерных классах. В то же время, постоянно растёт и учебная нагрузка при фактически замороженной зарплате. Годовая учебная нагрузка составляет около 900 часов, причём основная часть приходится на аудиторные часы. Если добавить сюда внеаудиторную нагрузку и время для подготовки к занятиям, то получается, что большая часть рабочего времени преподавателя приходится на учебную работу.

В итоге имеем:

- невостробованность бакалавров физики работодателями
- старение преподавательских кадров, разрыв поколений
- много ненужной бумажной работы
- неэффективный «эффективный контракт»
- очень большая аудиторная нагрузка, приводящая к невозможности заниматься наукой

В свете происходящих в мире событий сейчас самое время отказаться от этой пагубной для отечественного образования и науки системы. Хотелось бы, чтобы будущее руководство Уфимского университета науки и технологий учло изложенное выше в своей деятельности.

© Габдрахманова Л.А., Закирьянов Ф.К., 2022 г.

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ НА ПОЗНАВАТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА УРОКАХ ПО ФИЗИКЕ

Усманова Р.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Не для кого из нас с вами не секрет, что учащиеся начинают лучше владеть предметом «физика», если учитель доходчиво и наглядно объясняет материал. В современном мире в этом учителю на помощь приходят цифровые лаборатории. Ученики нового поколения хорошо владеют гаджетами, их увлекают телефоны, планшеты. Но что если внедрить использование цифровых лабораторий на уроке? Заинтересует ли это детей? Повысит ли познавательную деятельность учащегося?

В данной работе исследуется влияние цифровых лабораторий на познавательную деятельность обучающихся на уроках физики.

Актуальность данной работы состоит в том, что в современном мире перед учителем стоит проблема «как активизировать познавательную деятельность ученика». Зачастую на уроках физики ученикам не хватает познавательной деятельности, классические методы преподавания необходимо модернизировать. Благодаря цифровым лабораториям ученики вновь вовлекаются в процесс обучения, с интересом выполняют различного рода задания.

Цель работы заключается в том, чтобы изучить теоретико-методологический аспект проблемы и разработать педагогические условия, развивающие познавательный интерес через использование цифровых лабораторий на уроках физики.

В ходе работы мы использовали цифровую лабораторию на различных этапах и видах урока, мы рассмотрели сущность цифровых лабораторий, проанализировали все их достоинства и недостатки, и пришли к выводу, что инновационные приемы обучения позволяют учителю не только и не столько учить, сколько помогать учиться, направлять учебную деятельность.

В заключении необходимо подчеркнуть, что внедрение в учебный процесс использования инновационных приемов обучения вовсе не исключает традиционные методы обучения, а гармонично сочетается с ними на всех этапах обучения: ознакомление, тренировка, применение, контроль. Но использование подобных приемов позволяет не только многократно повысить эффективность обучения, но и стимулировать учащихся к дальнейшему самостоятельному изучению физики. Мы

пришли к выводу о том, что использование на уроках цифровых лабораторий способствует активизации познавательного интереса к изучению физики.

Литература

1. Использование цифровых лабораторий на уроках физики и химии: Учебно-методическое пособие / Авторы: Кунаш М.А., Телебина О.А. – Мурманск: ГАУДПО МО «Институт развития образования», 2015. - 66 с.
2. Ю. В. Федорова, А. Я. Казанская, А. Ю. Панфилова, Н. В. Шаронова, Лабораторный практикум по физике с применением цифровых лабораторий. Книга для учителя. - 2-е изд. - М.:Лаборатория знаний, 2013. - 191 с.

© Усманова Р.Р., 2022 г.

**ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ФРУСТРИРОВАННОЙ
АНТИФЕРРОМАГНИТНОЙ ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЕТКЕ**

Шарафуллин И.Ф., Самигуллина А.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время возрастающий интерес к скирмионам связан с тем, что эти наноразмерные топологически защищенные структуры играют важную роль в технических устройствах [1]. Экспериментально обнаружено, что одиночные скирмионы и кристаллы скирмионов могут образовываться в магнитных пленках за счет взаимодействия Дзялошинского-Мория (ДМ). Также актуальным становится число компьютерных исследований условий существования скирмионов, в том числе и методов машинного обучения, с помощью которых было показано, что кристалл скирмиона стабилен при конечных температурах [2].

В данной работе исследуется возможность существования кристаллов скирмиона на фрустрированной треугольной решетке с учетом взаимодействия ДМ в дополнение к фрустрирующему антиферромагнитному взаимодействию между ближайшими соседями (NN) и приложенного магнитного поля перпендикулярно плоскости решетки. Когда вектор ДМ лежит в плоскости решетки и в области магнитного поля установлено, что в рамках предложенной модели формируется скирмионный кристалл, состоящий из трех взаимопроникающих подрешеток скирмионов.

С помощью моделирования Монте-Карло изучены фазовые переходы сопровождающие процесс формирования и коллапсирования скирмионного кристалла, а также переходы из упорядоченной фазы в парамагнитную. Установлено, что наблюдаемое основное состояние в виде трех взаимопроникающих антиферромагнитных скирмионных подрешеток устойчиво вплоть до конечной температуры $T = 0.570$ в относительных единицах, приведенных к обменной энергии.

Литература

1. Sahbi El Hog, Ildus F. Sharafullin, H. T. Diep, H. Garbouj, M. Debbichi and M. Said. // Frustrated Antiferromagnetic Triangular Lattice with Dzyaloshinskii-Moriya Interaction: Ground States, Spin Waves, Skyrmion

- Crystal, Phase Transition // Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2022, arXiv:2204.12248.
2. Sharafullin, I. F.; Diep, H. T. // Skyrmion Crystals and Phase Transitions in Magneto-Ferroelectric Superlattices: Dzyaloshinskii-Moriya Interaction in a Frustrated J1 – J2 Model. // Symmetry, 2020, v. 12, pp. 26-41.
 3. А. С. Самардак, А. Г. Колесников, А. В. Давыденко, М. Е. Стеблей, А. В. Огнев // Топологически нетривиальные спиновые текстуры в тонких магнитных пленках. // Физика металлов и металловедение, 2022, т. 123(3), стр. 260-283

© Шарафуллин И.Ф., Самигуллина А.И., 2022 г.

ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНЫХ СТРУКТУР В ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПЛЕНКАХ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНОЙ ОБРАЗЦА

Канбеков Р.Р.¹, Магадеев Е.Б.¹, Вахитов Р.М.¹

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В работе исследуются ферромагнитные пленки с сильной одноосной анизотропией типа «легкая плоскость», в которых при условии наличия искусственно созданных перфораций могут возникать вихреподобные неоднородности [1, 2]. Влияние размагничивающих полей в таких пленках обуславливает обязательный выход вектора намагниченности из плоскости образца. Пространственное распределение намагниченности, отвечающее этому эффекту, было изучено как аналитическими, так и численными методами. В частности, было показано, что, независимо от толщины пленки, задачу вычисления действующих в ней размагничивающих полей удастся свести к наиболее простому случаю, когда толщина пленки велика. Также на рис. 1 показаны результаты расчетов, проведенных с помощью пакета микромагнитного моделирования ООММФ. Распределение компоненты намагниченности, нормальной плоскости пленки, принимает вид «двулистника» в нейтральном состоянии системы и «четырёхлистника» в заряженном состоянии системы (при этом «четырёхлистник» оказывается выровнен не по центру системы, а по центру одного из отверстий). Вклад размагничивающих полей в полную энергию магнетика оказывается примерно одинаковым в обоих указанных состояниях.

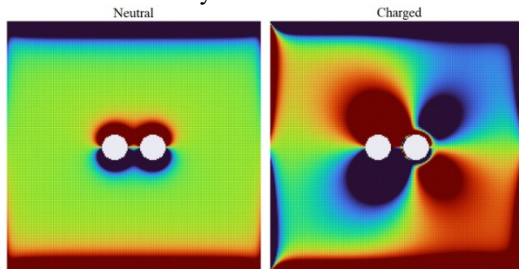


Рис. 1. Распределение намагниченности в нейтральном и заряженном состояниях

Литература

1. Е.Б. Магадеев, Р.М. Вахитов. Письма в ЖЭТФ. 115, 123 (2022).
2. Е.Б. Магадеев, Р.М. Вахитов, Р.Р. Канбеков. ЖЭТФ. 162, 3 (2022).

© Канбеков Р.Р., Магадеев Е.Б., Вахитов Р.М., 2022 г.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ТОРМОЖЕНИЯ
ДИСЛОКАЦИЙ ПОРАМИ В ВОЛЬФРАМЕ**Казаков А.М.¹, Шарапова Ю.Р.¹, Бабичева Р.И.²,Дмитриев С.В.³, Корзникова Е.А.¹¹Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия²Наньянский технологический университет, Сингапур³Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

Вольфрам - наиболее часто используемый металл в областях, связанных с облучением и другими экстремальными воздействиями. В результате облучения в металле образуются поры и дислокационные петли. Взаимодействие дислокаций с подобными дефектами изучено недостаточно, в силу чего исследования в данном направлении являются актуальными [1]. В работе изучается механизм пластической деформации при взаимодействии краевой дислокации с порами, вызванными облучением в ядерных реакторах, с помощью метода молекулярной динамики с использованием пакета LAMMPS. Ранее в аналогичной постановке подобная задача решалась для ОЦК железа [2]. В исследовании было рассмотрено две модели для изучения данного процесса: с периодическими граничными условиями по трем направлениям и с периодическими граничными условиями по двум направлениям и фиксированными стенками в третьем направлении. Выявлены плюсы и минусы обоих подходов. Рассчитаны зависимости сдвигающего напряжения от деформации сдвига в интервале температур 600-1400 К. Показано, что дислокации перерезают поры, и присутствие пор приводит к упрочнению материала, причем, данный эффект становится более заметным с ростом диаметра пор, а изменение температуры практически не влияет на прочность. Полученные результаты полезны для разработки методов повышения свойств реакторных материалов.

Работа А.М. Казакова профинансирована в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ ФГБОУ ВО «УГАТУ» (договор № 075-03-2022-318/1) в молодежной научной лаборатории «Металлы и сплавы при экстремальных воздействиях» Работа Е.А. Корзниковой была поддержана Российским научным фондом, грант № 21-12-00275.

Литература

1. Golubeva A., Cherkez D. Hydrogen retention in doped tungsten materials developed for fusion (Review). *Problems of Atomic Science and Technology*. 2018. V. 41, pp. 26-34.
2. Bonny G., Terentyev D., Elena J., Zinovev A., Minov B., Zhurkin E.E. Assessment of hardening due to dislocation loops in bcc iron: Overview and analysis of atomistic simulations for edge dislocations. *Journal of Nuclear Materials*. 2016. V. 473, pp. 283-289.

© Казаков А.М., Шарапова Ю.Р., Бабичева Р.И.,
Дмитриев С.В., Корзникова Е.А., 2022 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В КРИСТАЛЛЕ

Брызгалов В.А.¹, Дмитриев С.В.²

¹Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия

²Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

Электропластический эффект является одним из эффективных методов улучшения технологических свойств электропроводящих материалов. Данный эффект позволяет повышать пластичность металлов и управлять процессами зарождения и развития дислокационной структуры,

снижать усилия, которые необходимы для обработки материала [1–2].

В монокристаллах преобладает дислокационный электропластический эффект, который был описан в ходе эксперимента в работе [3] для монокристалла никеля. В данной работе изучено движение дислокаций в двумерной модели монокристалла под воздействием электрического тока и проанализирован эффект дислокационной электропластичности. Новизна работы заключается в том, что дислокационная электропластичность исследуется в модели двумерного монокристалла, наглядность которой позволяет легко визуализировать исследуемые процессы. Для моделирования применялся метод молекулярной динамики с использованием потенциала Морзе.

Предложена модель, реализующая электропластический эффект посредством увеличения общей кинетической энергии системы не равномерно по всему объему кристалла, а в зависимости отпотенциальной энергии атомов:

$$dK_n = pK \left(\frac{P_n - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \right)^3$$

где p – параметр, определяющий мощность тока, P_n – потенциальная энергия n -го атома, K – кинетическая энергия всей системы (пропорциональна температуре кристалла), P_{\min} и P_{\max} – минимальная и максимальная потенциальная энергия атомов в системе соответственно.

Считается, что в результате воздействия импульса электрического тока возрастает кинетическая энергия атомов пропорционально кубу их потенциальной энергии. Более высокую потенциальную энергию имеют атомы вблизи дефектов, поэтому температура будет повышаться в области пары дислокаций сильнее, увеличивая их подвижность. Проведено моделирование движения дислокаций под воздействием

сдвигающих напряжений и температуры с учетом влияния импульсов тока на систему.

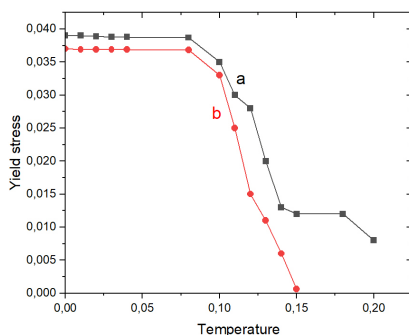


Рис. 1 Зависимость предела текучести от температуры:
а – модель атомов, без применения импульсов тока;
б – модель атомов, с учетом электропластического эффекта

Анализ графиков зависимости предела текучести от температуры (Рис.1) без применения тока и с применением импульсного тока показал, что электропластический эффект существенно облегчает движение дислокаций только при достаточно высокой температуре кристалла. Это связано с наличием потенциала Пайерлса – Набарро, который легче преодолевается дислокациями при повышенных температурах.

Литература

1. Столяров В.В. Электропластический эффект в титановых сплавах // Вестник научно-технического развития. 2013. № 3. С. 35–39.
2. Троицкий О.А., Баранов Ю.В., Авраамов Ю.С., Шляпин А.Д. Физические основы и технологии обработки современных материалов. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. Т. 1–2.
3. Li X., Turner J., Bustillo K., Minor A.M. In situ transmission electron microscopy investigation of electroplasticity in single crystal nickel // Acta Materialia. 2022. Vol. 223. Article number 117461.

© Брызгалов В.А., Дмитриев С.В., 2022 г.

УСТОЙЧИВЫЕ СОСТОЯНИЯ $k\ell$ -СКИРМИОНОВ В ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ С ПРОСТРАНСТВЕННО- МОДУЛИРОВАННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Вахитов Р.М.¹, Ильясова Г.Ф.¹, Солонецкий Р.В.¹

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время не ослабевает интерес к исследованиям, посвященным изучению киральных магнетиков, в которых возможно существование магнитных скирмионов, обладающих топологически защищенной структурой. В них наблюдались необычные спин-электронные свойства [1], которые могут быть использованы в устройствах записи и считывания нового поколения. По сравнению с ℓ -скирмионами, в которых единичный вектор намагниченности \mathbf{m} поворачивается на 180° , структурам типа $k\ell$ -скирмионов с $k > 1$ до сих пор уделялось меньше внимания как с экспериментальной, так и с теоретической стороны. Однако, в последнее время начали появляться подряд работы, в которых исследуются $k\ell$ -скирмионы ($k \in 1, 2, 3, \dots$) [2,3]. Кроме того, в работе [4] в результате локального лазерного облучения пленки феррита-граната наблюдались подобные структуры.

В данной работе изучаются устойчивые состояния магнитных $k\ell$ -скирмионов, образующихся на колумнарных дефектах типа «потенциальная яма» в одноосных ферромагнитных пленках [5]. Подобные исследования в некиральных магнетиках до сих пор практически не проводились, за исключением работы [6], в которой исследовалось влияние магнитного поля на $k\ell$ -скирмионы ($k \in 2, 3, 4$), возникающие в магнитных нанодисках Fe_3Sn_2 .

В качестве модели дефекта рассматривается структурная неоднородность магнетика, в которой материальные параметры $P = \{A, K_u, M_s\}$, изменяются скачком в области дефекта:

$$P = \begin{cases} P_1, & r > R_0 \\ P_2, & r \leq R_0 \end{cases}, \quad (1)$$

где $P_i = \{A_i, K_{ui}, M_{si}\}$ — материальные параметры вне колумнарного дефекта ($i = 1$) и в области дефекта ($i = 2$). Здесь A — обменный параметр, K_u — константа одноосной анизотропии, M_s — намагниченность насыщения.

Численный анализ интегро-дифференциального уравнения Эйлера–Лагранжа, описывающего распределение намагниченности в области дефекта с учетом энергии магнитных неоднородностей [5], позволяет найти распределение намагниченности \mathbf{m} $k\ell$ -скирмионов в области колумнарного дефекта и его характеристики: характерные размеры магнитной неоднородности и ее энергию. При этом необходимо отметить, что все параметры, имеющие размерность длины приведены к величине

$\Delta_0 = \sqrt{A_1/K_{u1}}$, где Δ_0 - характерный размер доменной границы в одноосных ферромагнетиках. Исходя из расчетов структуры и устойчивости кл-скирмионов следует, что они могут существовать как устойчивые образования в магнитоодноосных пленках на колумнарных дефектах типа потенциальная яма. Топология и размеры этих неоднородностей существенно зависят от характеристик дефекта (A_2 , K_{u2} , M_{s2} , R_0) и прежде всего от его радиуса R_0 и глубины потенциальной ямы K_{u2} . Исследования показывают, что энергетически более выгоден π -скирмион, а $3\pi, 5\pi$ - скирмионы существуют как метастабильные состояния. Кроме того, построены диаграммы устойчивых состояний кл-скирмионов (рис 1.), где нижний порог устойчивости π -скирмионов относительно размеров дефекта начинается с малых R_0 ($R_0 \geq 1$), 3π -скирмионов- с больших R_0 ($R_0 \geq 14$), а 5π -скирмионов- с ещё больших R_0 ($R_0 \geq 25$).

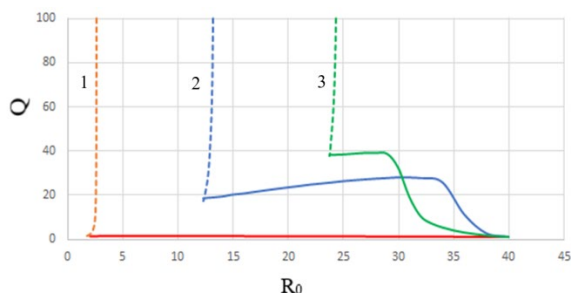


Рис. 1. Диаграмма области устойчивости для 1- π -скирмиона (красная линия), 2 - 3π -скирмиона (синяя линия), 3 - 5π -скирмиона (зеленая линия) при следующих значениях материальных параметров $K_{u2} = -2K_{u1}$, $A_2 = A_1$, $M_{s2} = M_{s1}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания на выполнение научных исследований лабораториями (Приказ МН- 8/1356 от 20.09.2021)

Литература

1. K. Everschor-Sitte, J. Masell, R.M. Reeve, et al, J. Appl. Phys. **124**, 240901 (2018).
2. J. Hagemeister, A. Siemens, L.Rózsa, E. Vedmedenko, and R. Wiesendanger Phys. Rev. B **97**, 174436 (2018).
5. H. Vigo-Cotrina, D.L. Monteiro, J.P.V. Urruchua, A.P. Guimarães J. Magn. Magn. Mater. **560**, 169665 (2022).
6. C. S. Davies, K. H. Prabhakara et al Phys.Rev. Lett. **122**, 027202 (2019)
7. R. M. Vakhitov, R.V. Solonetsky, A. A. Akhmetova, J. Appl. Phys. **128**, 000000 (2020).
8. J. Jiang, Y. Wu, L. Kong, Y. Wang, J. Li, Y. Xiong, J. Tang Acta Materialia **215**, 117084 (2021).

© Вахитов Р.М., Ильясова Г.Ф., Солонецкий Р.В., 2022 г.

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МАГНИТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В МАГНИТООДНООСНЫХ ПЛЕНКАХ С ФЛЕКСОМАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ

Низямова А.Р., Вахитов Р.М., Солонецкий Р.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В последнее время повышенное внимание исследователей уделяется изучению различных свойств магнитоэлектрических материалов, к которым относятся и пленки ферритов-гранатов [1]. Они обладают рядом интересных и необычных свойств, которые могут быть использованы в устройствах спинтроники и магноники. Более десяти лет назад в пленках ферритов-гранатов был обнаружен новый магнитоэлектрический флексомагнитоэлектрический эффект, который заключался в явлении смещения доменных границ (ДГ) под действием неоднородного электрического поля [2]. Для объяснения наблюдаемого эффекта были предложены два механизма: флексомагнитоэлектрический [1] и механизм индуцирования неоднородным электрическим полем, неоднородных механических напряжений [3]. Однако, как показал их сравнительный анализ они оба на качественном уровне достаточно хорошо объясняют экспериментальные данные [2]. Для выявления доминирующего влияния одного из механизмов были изучены и другие аспекты рассматриваемого явления. В частности, было исследовано влияние на эффект внешнего магнитного поля, которое в некоторых случаях усиливало его проявление.

В данной работе теоретически изучается влияние магнитного поля на микромагнитные структуры типа 0-градусных ДГ в одноосных пленках с неоднородным магнитоэлектрическим взаимодействием, плотность энергии ε которой берется в виде [4]

$$\varepsilon = M_s^2 \mathcal{E} (b_1 m \operatorname{div} m + b_2 (m \times \operatorname{rot} m)),$$

где b_1, b_2 - магнитоэлектрические постоянные, M_s - намагниченность насыщения, \mathbf{m} – единичный вектор намагниченности, \mathcal{E} – электрическое поле ($\mathcal{E} \parallel Oz$). Кроме того в энергии изучаемого магнетика E учитываются обменное взаимодействие (характеризуемое обменным параметром A), одноосная анизотропия (K_u), зеемановское взаимодействие ($\varepsilon_H = -M_s \mathbf{m} \mathbf{H}$, \mathbf{H} – внешнее магнитное поле) и размагничивающие поля в винтеревском приближении [3]. При действии магнитного поля на 0°- ДГ с квазиблоховской структурой значительно понижается порог его

зарождения в электрическом поле. Эти и другие полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания на выполнение научных исследований лабораториями (Приказ МН- 8/1356 от 20.09.2021)

Литература

1. А.П. Пятаков, А.К. Звездин // УФН, **182**, 593-620 (2012)
2. А.С. Логгинов и др. // Письма в ЖЭТФ, 2007, т: 86, с. 124-127.
3. А.П. Пятаков, А.С.Сергеев и др. // УФН **185**, 10 (2015).
4. I. Dzyaloshinskii, Europhys. Lett // 83, 67001 (2008)

© Низямова А.Р., Вахитов Р.М., Солонецкий Р.В., 2022 г.

ФЛЕКСОМАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ПЛЕНКАХ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ С ОРИЕНТАЦИЕЙ (001)

Баймухаметова З.А., Вахитов Р.М., Солонецкий Р.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В работе рассмотрены особенности проявления флексомагнитоэлектрического эффекта (ФЭ) в (001) – ориентированной пленке ферритов-гранатов при действии на неё неоднородного электрического поля. Ранее экспериментально было обнаружено, что ФЭ в этих материалах существенно зависит от ориентации развитой поверхности пленки относительно кристаллографических осей [1]. Если в (210) – и (011) – ориентированных пленках ферритов-гранатов наблюдалось смещение (в той или иной степени) доменных границ (ДГ) под действием электрического поля \mathcal{E} , то в (111)- ориентированных пленках этот эффект не был зафиксирован. В то же время в работе [2] с помощью метода, основанного на спектроскопии флуоресценции одиночных молекул, были исследованы локальные электрические поля, генерируемые доменной границей и, исходя из анализа полученных результатов, была подтверждена флексомагнитоэлектрическая природа наблюдаемого эффекта. При этом надо отметить, что эксперименты проводились в (001) – пленке ферритов – гранатов (т.е. ФЭ в пленках данной ориентации имеет место быть), однако из-за специфики проведения этих исследований в работе практически отсутствуют данные по структуре ДГ и её возможной трансформации при действии на неё электрического поля. Из-за недостатка такой информации возникла необходимость в теоретическом изучении поведения магнитных неоднородностей, возможных в пленке типа (001) в неоднородном электрическом поле.

Анализ уравнений Эйлера-Лагранжа [3], описывающих структуру неоднородностей для рассматриваемого магнетика (т.е. с учетом в [3] наличия кубической анизотропии), показывает, что если пренебречь неоднородным магнитоэлектрическим взаимодействием, то решения, соответствующие 180° - градусным ДГ (180° ДГ) с неблоховской структурой будут отсутствовать, в отличие от тех же пленок с ориентациями (210), (011) и (111), в которых имеет место выход намагниченности \mathbf{M} из плоскости стенки [4]. В этом случае существуют только такие решения, которым соответствует 180° ДГ блоховского или неелевского типов с \mathbf{M} [001] в доменах и с ориентацией плоскости ДГ, характеризуемая углом ψ : $\psi = \pi n/2$, $n \in \mathbb{Z}$, если $\alpha > 0$ и $\psi = \pi/4 +$

$\pi n/2$, если $-1 < \alpha < 0$. Здесь $\alpha = K_1/K_u$, где K_u, K_1 соответственно, константы наведенной одноосной и кубической анизотропий. При наличии неоднородного магнитоэлектрического взаимодействия ($\mathcal{E} \neq 0$, $\mathcal{E} \parallel Oz$) распределение намагниченности M в 180° ДГ трансформируется и последняя преобразуется в 180° ДГ с квазиблоховской структурой [3]. Соответственно, благодаря флексомагнитоэлектрическому механизму в окрестности ДГ индуцируется поляризация, величина которой является четной функцией координаты y , достигающей своего максимума p_m в центре стенки ($y=0$). С увеличением величины электрического поля \mathcal{E} возрастает максимальный угол выхода намагниченности из плоскости стенки φ_m . Соответственно возрастает и величина p_m , что в свою очередь, ведет к увеличению интегральной величины поляризации P (суммарной величины поляризации ДГ). Расчеты показывают, что все закономерности ФЭ, найденные в [3] для магнитоодноосной пленки (зависимости $\varphi = \varphi(y), p = p(y)$, а также φ_m, p_m и P от поля \mathcal{E}) в данном случае точно такие же. В то же время анализ влияния величины кубической анизотропии на вышеперечисленные параметры ФЭ показывает, что с возрастанием α величина интегральной поляризации увеличивается, но в незначительной степени (примерно на 1% – 2%). Можно также отметить, что при отрицательных значениях α ($-1 < \alpha < 0$) с возрастанием его абсолютной величины значение интегральной поляризации также возрастает и также незначительно. Такое проявление ФЭ в (001) – ориентированной пленке вполне можно объяснить симметрией ее магнитной системы: при $\alpha > 0$ легкими осями кубической анизотропии являются оси $< 100 >$, которые вносят примерно одинаковый вклад, как в одноосную, так и в легкоплоскостную анизотропию. Аналогичная ситуация имеет место и в случае $\alpha < 0$.

Литература

1. A.S. Logginov, G.A. Meshkov, A.V. Nikolaev, E.P. Nikolaeva, A.P. Pyatakov, A.K. Zvezdin, // Appl. Phys. Lett. **93**, 182510, (2008).
2. I. S. Veshchunov, S. V. Mironov, W. Magrini, V. S. Stolyarov, A. N. Rossolenko, V. A. Skidanov, J.-B. Trebbia, A. I. Buzdin, Ph. Tamarat, B. Lounis, // Phys. Rev. **115**, 027601 (2015).
3. Р.М.Вахитов, З.В.Гареева, Р.В. Солонецкий, Ф.А. Мажитова, // ФТТ **61**, 1120 (2019).
4. Р.М.Вахитов, Р.Р. Исхакова, А.Р. Юмагузин, // ФТТ **60**, 923 (2018).

© Баймухаметова З.А., Вахитов Р.М.,
Солонецкий Р.В., 2022 г.

ФОРМИРОВАНИЕ ТВЕРДОФАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ РАЗНОИМЕННЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ ДЕФОРМИРУЕМЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ

Галиева Э.В.¹, Габбасов Р.Р.², Валитов В.А.^{1,2}

¹Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что наибольшую распространенность в авиационных и ракетных двигателях получили жаропрочные никелевые сплавы (ЖНС). Их весовая доля в деталях ГТД превышает 50% [1]. В виду того, что ЖНС являются трудно деформируемыми, для изготовления деталей целесообразно применять явление сверхпластичности (СП). В частности, одним из перспективных методов изготовления неразъемных соединений из ЖНС является сварка давлением в условиях СП. В настоящей работе обобщены результаты исследований влияния деформации и температуры при сварке давлением на формирование качественных твердофазных соединений из деформируемых жаропрочных никелевых сплавов.

Показано, что сваркой давлением при различных температурах успешно формируется твердофазное соединение. В соединяемом деформируемом сплаве ЭП975 сохраняется исходная мелкозернистая микроструктура. структура типа «микродуплекс». В сплаве ЭК61 с повышением температуры наблюдается некоторое увеличение размера зерен матричной γ - фазы. По результатам механических испытаний на растяжение показано, что прочность твердофазных соединений превышает 0,55 от прочности сплава ЭК61.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (Стипендия Президента РФ молодым ученым и аспирантам СП-4002.2022.1).

Литература

1. Симс Ч. Т. Суперсплавы II: жаропрочные материалы для аэрокосмических и промышленных установок [Текст]: в 2-х книгах. / Под ред. Ч. Т. Симса, Н. С. Столоффа, У. К. Хагеля; пер. с англ. / Под ред. Р. Е. Шалина – М. : Металлургия, 1995. – 384с. – ISBN 5–87462–145–1.

© Галиева Э.В., Габбасов Р.Р., Валитов В.А., 2022 г.

НОВАЯ УГЛОВАЯ МОДЕЛЬ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ДНК

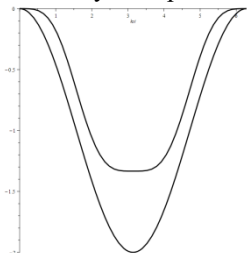
Закирьянов Ф.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Хорошо известно, что угловые модели нелинейной динамики молекулы ДНК адекватно описывают конформационные изменения молекулы в процессе её функционирования. При моделировании функциональных движений ДНК наиболее эффективным оказался поиск подходящего механического аналога. Угловая модель состоит из двух параллельных осей с прикрепленными к ним маятниками – точечными массами на палочках определённой длины. Водородные связи описываются через взаимное притяжение оснований – точек, для каждой из которых существует единственная степень свободы – торсионный угол. Но невозможность прямого сравнения расчётных данных с экспериментами сильно ограничивала применение угловых моделей и серьёзно затрудняла определение их параметров.

По этой причине наряду с угловыми моделями возник ещё один механический подход к изучению динамики ДНК – поперечные модели. Для описания водородных связей в поперечной механической модели был использован потенциал Морзе. Поперечные модели прекрасно зарекомендовали себя для описания процессов денатурации молекулы ДНК. Параметры этих моделей получили надёжное экспериментальное обоснование и хорошо известны.

В настоящей работе мы объединили эти два подхода и совместили «геометрию» угловых моделей с потенциалом Морзе, описывающим динамику поперечных моделей.



Оказалось, что в новой модели потенциал парного взаимодействия имеет значительно меньшую глубину и более «сглажен». Это приводит к существенному количественному изменению параметров кинка (являющегося математическим образом открытого состояния) по сравнению с классической угловой моделью.

Новая угловая модель позволяет провести прямое сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными, а следовательно, выбрать те параметры, воздействие на которые позволит управлять конформационной динамикой ДНК, что сулит определённые перспективы в создании новых функциональных материалов.

© Закирьянов Ф.К., 2022 г.

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ПОПУЛЯЦИОННОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ ГЕНЕТИКЕ»

УДК 575.1

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.206

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА RS657152 ГЕНА АВ0 В ПОПУЛЯЦИИ ПЕРМСКИХ БАШКИР

Суфьянова З.Р.¹, Екомасова Н.В.^{1,2}, Джаубермезов М.А.^{1,2}, Халикова А.А.¹, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Впервые в декабре 2019 года в Китае был обнаружен новый коронавирус, известный как SARS-CoV-2, а заболевание, вызываемое им называется COVID-19 [4]. Течение заболевания может варьировать от бессимптомной инфекции до тяжелой формы. По эпидемиологическим данным известно, что заболеваемость и смертность от COVID-19 различаются как между отдельными людьми в популяции, так и между странами [1].

С помощью полногеномного исследования в 2020 году была обнаружена ассоциация гена АВ0 (9q34.2), связанный с группами крови у человека, с тяжестью протекания заболевания у пациентов [2]. Высокий риск дыхательной недостаточности выявили у лиц с группой крови А. Напротив, самый низкий риск был у пациентов с группой крови 0 [2,3].

Целью нашей работы было изучение распространения полиморфного варианта rs657152 гена АВ0 в популяции пермских башкир. Было проанализировано 79 образцов представителей данной популяции. Генотипирование проводилось с помощью классических молекулярно-генетических методов.

В результате исследования, было выявлено, что генотип А/А полиморфного варианта rs657152 гена АВ0 в популяции пермских башкир встречается с частотой 17,7%, генотип А/С с частотой 49,4%, генотип С/С с частотой 32,9%. Частота аллеля А составила 42,4%, а частота аллеля С равна 57,6%.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-74-00104.

Литература

1. Balanovsky, O.P. Variation of Genomic Sites Associated with Severe Covid-19 Across Populations: Global and National Patterns / O.P.

- Balanovsky, V.V. Petrushenko, K.B. Mirzaev, et al. // *Pharmgenomics Pers Med.* - 2021. - V.14. - P. 1391-1402.
2. Ellinghaus, D. Genomewide association study of severe Covid-19 with respiratory failure / D. Ellinghaus, F. Degenhardt, L. Bujanda, et. al. // *N. Engl. J. Med.* - 2020. - V. 383. - P. 1522-1534.
 3. Zhao, J. Relationship between the ABO Blood Group and the COVID-19 Susceptibility / J. Zhao, Y. Yang, H. Huang, et al. // *Clin. Infect. Dis.* - 2021. - V. 73. - P. 328-331.
 4. Zhu, N. A novel corona-virus from patients with pneumonia in China / N. Zhu, D. Zhang, W. Wang, et al. // *N. Engl. J. Med.* - 2020. - V. 382. - P. 727- 733.

© Суфьянова З.Р., Екомасова Н.В.,
Джаубермезов М.А., Халикова А.А., Хуснутдинова Э.К., 2022 г.

УДК 575.174:599.9

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.207

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСТАНКОВ АЛАНСКОГО ПЕРИОДА С ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Джаубермезов М.А.^{1,2}, Габидуллина Л.Р.¹, Екомасова Н.В.^{1,2},

Чагаров О.С.³, Атабиев Б.Х.⁴, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

³Лаборатория контекстуальной антропологии ИА РАН, г. Москва, Россия

⁴Институт археологии Кавказа, г. Нальчик, Россия

Раннее средневековье на территории Северного Предкавказья характеризуется появлением и активным участием в политической истории региона племени аланов. Генетическое родство аланов раннего Средневековья с последующими культурами, и в том числе с современным населением Европы и Кавказа еще досконально не изучено, полные геномные данные существуют только для 6 индивидов [1]. В данном исследовании мы проанализировали древнюю ДНК 19 человек из 3 разных археологических памятников, относящихся к аланской культуре III-X веков н.э., с территории Северного Кавказа (Российская Федерация).

ДНК была извлечена из археологического материала (зубов и височных костей) 19 индивидов. Мы подготовили данные секвенирования полного генома Illumina с низким охватом для 19 человек и проанализировали их в контексте древней и современной генетической изменчивости региона. Охват геномов составил 0,0025-0,3000X (медиана покрытия 0,1041X, содержание эндогенной ДНК 36,66%).

Радиоуглеродный анализ был проведен на 6 из 19 изученных образцов. Радиоуглеродное датирование практически соответствовало археологическому датированию. Разнообразие мтДНК аланов из изученных захоронений состояло из 7 различных гаплогрупп (К, Т, U, H, X, HV, C), что напоминает палитру гаплогрупп у современных автохтонных народов Северного Кавказа. Гаплогруппы Y-хромосомы представлены различными линиями гаплогрупп E, G, J, Q и R, которые также характерны современному населению Северного Кавказа.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №22-24-00681 «Генетическая структура народов Северного Кавказа с III века и до наших дней», Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-03-2021-193/5, а также гранта Министерства науки и высшего образования № 075-15-2021-595.

Литература

1. Damgaard et al. 2018, Nature <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0094-2>.

© Джаубермезов М.А., Габидуллина Л.Р., Екомасова Н.В., Чагаров О.С., Атабиев Б.Х., Хуснутдинова Э.К., 2022 г.

**РАК ЯИЧНИКА, ИНДУЦИРОВАННЫЙ ПОЛИМОРФНЫМИ
ЛОКУСАМИ RS25487/XRCCI И RS1799782/XRCCI**

Зинин А.С.¹, Прокофьева Д.С.¹, Мингажева Э.Т.¹, Валова Я.В.¹,
Нурғалиева А.Х.¹, Екомасова Н.В.¹, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УНЦ РАН, г. Уфа, Россия

Рак яичников (РЯ) имеет встречаемость 4% среди всех раков, что гораздо ниже прочих гинекологических раков. Однако его летальность составляет 64%, это обусловлено бессимптомным и скрытым ростом опухоли, поздним проявлением симптоматики и возможности диагностирования лишь на поздних (III и IV) стадиях.

Опухоли женской репродуктивной системы могут быть вызваны разнообразными молекулярно-генетическими механизмами. Однако часто их причинами являются соматические мутации (биаллельная инактивация) в генах известных онкосупрессоров, связанных с развитием наследственных опухолевых синдромов [1]. Одна из репарационных систем эукариот – эксцизионная репарация оснований (ЭРО), которая необходима для точечного удаления поврежденных оснований ДНК, индуцированных окислительными и алкилирующими агентами. Один из белков, участвующих в ЭРО, кодируется геном *XRCCI*. Этот белок считается интегральным регулятором ЭРО. Некоторые полиморфные варианты данного гена – rs25487 (p.Gln399Arg), rs1799782 (p.Arg194Trp) – характеризуются изменением конформации белка *XRCCI*, снижающей сродство к многокомпонентному белковому комплексу, участвующему в процессе репарации, уменьшая, тем самым, активность координатора эксцизионной репарации и скорость сборки всего комплекса. Дефицит протеина *XRCCI*, обусловленный гетерозиготностью по мутированному гену *XRCCI*, кодирующему усеченный белок *XRCCI*, подавляет рост опухоли у мышей. В экспериментальных условиях для индукции рака молочной железы мыши, гетерозиготные по этой мутации ген *XRCCI*, имели значительно меньший объем или количество опухолей, чем мыши дикого типа, подвергавшиеся тому же канцерогенному лечению. Актуальные лабораторные методики, применяемые для изучения мутаций, индуцирующих рак молочной железы и яичников, изучены на практике. Объектом исследования стали полиморфные варианты rs25487/*XRCCI* и rs1799782/*XRCCI*. Исследование функциональных последствий замены p.Q399R показало, что вариант генотипа A/A (Gln/Gln) связан с 3-4-кратным снижением репарационной

мощности всего комплекса ЭРО. Кроме того, как было продемонстрировано в исследовании Au W. et al., носительство аллели А связано с увеличением общей численности хромосомных делеций [2]. Замена аминокислоты в 399 кодоне способна полностью нарушить нативную конформацию XRCC1 и, таким образом, привести к снижению функциональной способности всего репарационного комплекса [3].

Для оценки вклада рассматриваемых генетических изменений в канцерогенезе злокачественных новообразований яичников нами спланировано ассоциативное исследование на выборках больных раком яичников (n=231) и здоровых доноров (n=262). В настоящее время проводится подбор условий проведения полимеразной цепной реакции и рестрикционного анализа для генотипирования полиморфных локусов rs25487/*XRCC1* и rs1799782/*XRCC1* среди исследуемых групп. В работе будут использованы ПЦР-ПДРФ анализ и электрофорез в 7%-полиакриламидном геле.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РБ (соглашение №1 от 06.06.22 г.), гранта РФ МК-3208.2022.1.4, Министерства науки и высшего образования РФ (№ 075-03-2021-193 / 5).

Литература

1. Онкогенетика : учебное пособие / Р. Н. Мустафин, И. Р. Гилязова, Я. Р. Тимашева [и др.]. — Уфа: БГМУ, 2020. — 98 с.
2. Parkes A., Arun B. K., Litton J. K. Systemic treatment strategies for patients with hereditary breast cancer syndromes //The oncologist. – 2017. – Т. 22. – №. 6. – С. 655.
3. Slyskova J, Dusinska M, Kuricova M, Soucek P, Vodickova L, Susova S, Naccarati A, Tulupova E, Vodicka P. Relationship between the capacity to repair 8-oxoguanine, biomarkers of genotoxicity and individual susceptibility in styrene-exposed workers. Mutat Res. 2007 Dec.

© Зинин А.С., Прокофьева Д.С.,
Мингажева Э.Т., Валова Я.В., Нургалиева А.Х.,
Екомасова Н.В., Хуснутдинова Э.К., 2022 г.

ПОИСК АССОЦИАЦИИ ПОЛИМОРФНОГО ЛОКУСА RS11174204 ГЕНА *TAF A2* С РИСКОМ РАЗВИТИЯ РАКА ЯИЧНИКОВ

Валова Я.В.^{1,2}, Мингажева Э.Т.¹, Прокофьева Д.С.¹,
Рожкова Е.А.¹, Кильчурина А.А.¹, Нургалиева А.Х.¹,
Екомасова Н.В.¹, Хуснутдинова Э.К.^{1,3}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека, г. Уфа, Россия

³Институт биохимии и генетики УНЦ РАН, г. Уфа, Россия

Рак яичников (РЯ) является одной из наиболее часто выявляемых злокачественных опухолей женской репродуктивной системы и в мировой статистике занимает третье место после рака тела и шейки матки. Несмотря на то, что за последние годы в России наблюдается снижение заболеваемости данной формой онкопатологии, РЯ все еще остается актуальной медико-социальной проблемой в первую очередь по причине низкой выживаемости пациенток [1]. В связи с этим, разработка и усовершенствование методов ранней диагностики РЯ являются одной из приоритетных задач онкогинекологии. Цель работы заключалась в проведении ассоциативного анализа полиморфного локуса rs11174204 гена *TAF A2* с риском развития РЯ у женщин из Республики Башкортостан. В качестве материала исследования были использованы образцы ДНК, выделенные из венозной крови больных наследственными формами рака яичников (НРЯ) (n=71), спорадическим раком яичников (СРЯ) (n=231) и женщин без онкологических заболеваний на момент забора крови (n=262) из Республики Башкортостан. Генотипирование проводилось методом ПДРФ – анализа с использованием эндонуклеазы рестрикции *Mhl I*. При попарном сравнении частот аллелей и генотипов в группах больных и контроля применялся критерий χ^2 для таблиц сопряженности 2×2 с поправкой Йетса на непрерывность. Относительный риск развития заболевания оценивали с помощью показателя соотношения шансов (odds ratio, OR) с указанием 95% доверительного интервала (95%, CI). Различия при статистическом критерии $p < 0.05$ оценивались как значимые.

В результате сравнительного анализа распределения частот аллелей и генотипов полиморфного локуса rs11174204 гена *TAF A2* в выборке больных РЯ и здоровых индивидов было установлено, что гомозиготный генотип по минорному аллелю rs11174204*A/A незначительно чаще встречался среди больных РЯ (3,1%) по сравнению с женщинами из контрольной группы (1,53%), однако различия не достигли уровня

статистической значимости. Тогда как при сравнении частот аллелей и генотипов в группе больных НРЯ и здоровых индивидов была обнаружена ассоциация гомозиготного генотипа rs11174204*A/A с развитием наследственных форм РЯ ($\chi^2=4,53$; $p=0,03$; OR=4,9; 95% CI 1,27-18,7) (рис.1).

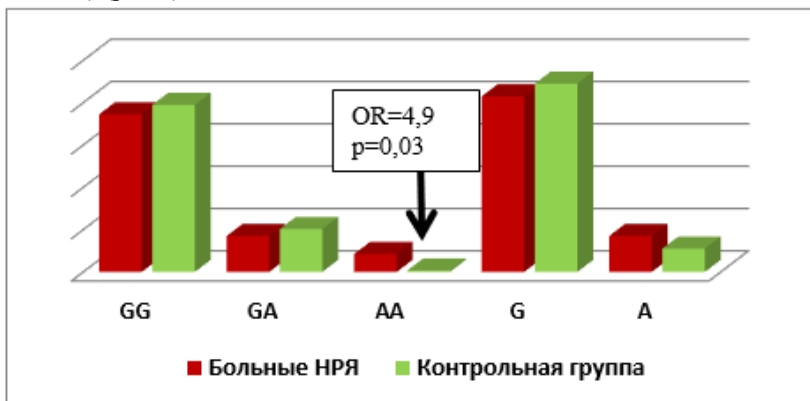


Рис. 1. Распределение частот аллелей и генотипов полиморфного варианта rs11174204 гена TAF2 у больных НРЯ и здоровых женщин в общей выборке

Таким образом, в результате проведенного исследования нами была обнаружена ассоциация гомозиготного генотипа rs11174204*A/A гена TAF2 с повышенным риском развития наследственных форм рака яичников.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-34-90003, гранта РБ (соглашение №1 от 06.06.22 г.), гранта РФ МК-3208.2022.1.4, Министерства науки и высшего образования РФ (№ 075-03-2021-193 / 5).

Литература

1. Каприн А. Д., Старинский В. В., Петрова Г. В. The state of cancer care for the population of Russia in 2019. М.: МНИОИ Р.А. Герзена; 2020.

© Валова Я.В., Мингажева Э.Т., Прокофьева Д.С.,
Рожкова Е.А., Кильчурина А.А., Нургалиева А.Х.,
Екомасова Н.В., Хуснутдинова Э.К., 2022 г.

**ВКЛАД ПОЛИМОРФНОГО ЛОКУСА RS2243250 ГЕНА *IL4* В
РАЗВИТИЕ РАКА ЯИЧНИКОВ**

Суфьянова А.Р.¹, Прокофьева Д.С.¹, Мингажева Э.Т.¹, Валова Я.В.¹,
Нургалиева А.Х.¹, Екомасова Н.В.¹, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет», г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УНЦ РАН, г. Уфа, Россия

Рак яичников (РЯ) злокачественное новообразование женской репродуктивной системы, из-за высокой заболеваемости и смертности, является актуальной социально-медицинской проблемой сегодняшнего дня. К основным факторам риска возникновения рака яичников относят возраст, гормональный дисбаланс, репродуктивные факторы, хронические воспалительные заболевания гениталий, низкую физическую активность, канцерогены окружающей среды, наследственную предрасположенность. Высокий риск данной патологии в первую очередь связан с известными мутациями в генах *BRCA1* и *BRCA2*, белковые продукты которых являются ключевыми участниками клеточного сигнального пути в ответ на воздействие ионизирующего излучения. Однако на нарушения в этих генах приходится не более 15% всех случаев. Большая доля злокачественных новообразований яичников опосредуется функциональными нарушениями в других генах [1].

Целью данной работы является анализа распределения частот аллелей и генотипов полиморфного локуса rs2243250 гена *IL4* среди больных наследственным (n=66) и спорадическим РЯ (n=138), а также женщин контрольной группы (n=200). Работа проведена с использованием метода полимеразной цепной реакции, анализа полиморфизма длин рестриционных фрагментов (ПДРФ), гель-электрофореза. При попарном сравнении частот аллелей и генотипов в группах больных и контроля применялся критерий χ^2 для таблиц сопряженности 2×2 с поправкой Йетса на непрерывность. Относительный риск развития заболевания оценивали с помощью показателя соотношения шансов (oddsratio, OR) с указанием 95% доверительного интервала (95%, CI). Различия при статистическом критерии $p < 0.05$ оценивались как значимые.

В результате проведенного исследования редкий аллель *T* полиморфного локуса rs2243250 гена *IL4* встречался с частотой 26,1% у больных спорадическим РЯ, 32,6% среди больных наследственным РЯ и 32,8% в группе контроля. Сравнительный анализ распределения частот аллелей и генотипов изучаемого полиморфного локуса в выборках

больных sporadическим РЯ, наследственным РЯ и здоровых индивидов позволил установить статистически значимые различия в распределении содержащих редкий аллель генотипов rs2243250*С/Т и rs2243250*Т/Т между больными sporadическим раком яичников и контрольной группой, $\chi^2=5.00$; $p=0,03$; OR=1.64; 95% CI 1.06 – 2.55.

Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют о том, что генотипы, содержащие редкий аллель Т, полиморфного локуса rs2243250 гена *IL4* являются маркерами повышенного риска развития sporadического рака яичников у женщин из Республики Башкортостан.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-34-90003, гранта РБ (соглашение №1 от 06.06.22 г.), гранта РФ МК-3208.2022.1.4, Министерства науки и высшего образования РФ (№ 075-03-2021-193 / 5).

Литература

1. Шлома, Е. Н. Ш 69 Эпителиальные опухоли яичников: учеб.-метод. пособие / Е. Н. Шлома. – Минск: БГМУ, 2010. – 28 с.

© Суфьянова А.Р., Прокофьева Д.С.,
Мингажева Э.Т., Валова Я.В., Нургалиева А.Х.,
Екомасова Н.В., Хуснутдинова Э.К., 2022 г.

ВКЛАД НОВОГО ВАРИАНТА С.3968A>G ГЕНА *BRCA2* В ПАТОГЕНЕЗ РАКА ЯИЧНИКОВ

Андреева Е.А.¹, Прокофьева Д.С.¹, Мингажева Э.Т.¹,

Валова Я.В.¹, Зинин А.С.¹, Нурғалиева А.Х.¹,

Екомасова Н.В.¹, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УНЦ РАН, г. Уфа, Россия

Рак яичников (РЯ) является одним из самых тяжелых онкогинекологических заболеваний. В многочисленных клинических и молекулярно-генетических исследованиях было показано, что по этиологии рак яичников является гетерогенным заболеванием. Наряду со спорадическими случаями, встречаются генетически обусловленные формы (составляют около 20% от общего числа) [2]. Одним из генов, ассоциированных с развитием данной нозологической формы, является *BRCA2*. В имеющихся исследованиях оценивается кумулятивный риск развития рака яичников при наличии мутаций в генах *BRCA1* и *BRCA2* (к 70-летнему возрасту составляет 39-40% [1]). Отдельный вклад мутаций в гене *BRCA2* изучен недостаточно.

Целью данного исследования стал поиск отобранного в результате ранее проведенного таргетного секвенирования нового миссенс варианта с.3968A>G (p.Lys1323Arg) в гене *BRCA2* среди больных наследственным (n=76) и спорадическим РЯ (n=130), а также женщин контрольной группы (n=326). Работа проведена с использованием анализа кривых плавления с высокой разрешающей способностью (HRM).

Ранее в результате NGS-секвенирования была обнаружена 1/76 (1,32%) носительница данного изменения среди больных НРЯ. У пациентки отмечаются раннее начало заболевания, полинеоплазии (одновременная манифестация рака яичников и рака молочной железы) и отягощенный семейный анамнез. Других нарушений в генах-кандидатах РЯ у пациентки не выявлено и развитие заболевания в данном случае может быть связано с данным миссенс вариантом. В результате выполненного скрининга была обнаружена 1/76 (1,32%) носительница данного изменения среди больных наследственным РЯ (НРЯ). У пациентки отмечаются, раннее начало заболевания, полинеоплазии (одновременная манифестация рака яичников и рака молочной железы) и отягощенный семейный анамнез. Других нарушений в важных генах кандидатах РЯ у пациентки обнаружено не было и развитие заболевания в данном случае может быть связано с исследуемым миссенс вариантом. В

результате выполненного исследования дополнительных носительниц изменения, как среди больных НРЯ, СРЯ, так и среди контрольной группы, не обнаружено.

Таким образом, исследованная аминокислотная замена p.Lys1323Arg объясняет не большую часть случаев НРЯ в Республике Башкортостан. Для подтверждения патогенности данного изменения необходимы дополнительные функциональные исследования или исследования в дизайне «случай-контроль» на больших по объему выборках.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РБ (соглашение №1 от 28.12.21 г.), гранта РФФИ № 20-34-90003, гранта РБ (соглашение №1 от 06.06.22 г.), Министерства науки и высшего образования РФ (№ 075-03-2021-193 / 5).

© Андреева Е.А., Прокофьева Д.С.,
Мингажева Э.Т., Валова Я.В., Зинин А.С.,
Нургалиева А.Х., Екомасова Н.В., Хуснутдинова Э.К., 2022 г.

МУТАЦИЯ *c.1100delC* ГЕНА *CHEK2* У БОЛЬНЫХ МЕЛКОКЛЕТОЧНЫМ РАКОМ ЛЕГКОГО ИЗ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Низамова А.Р.¹, Гималова Г.Ф.^{1,3}, Абдуллин З.С.², Хуснутдинова Э.К.^{1,3}

¹Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

²Республиканский клинический онкологический диспансер,
г. Уфа, Россия

³Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Введение. Рак легкого (РЛ) занимает лидирующую позицию по смертности от злокачественных новообразований. Было установлено, что в 2020 году произошло 1,8 млн смертей от данного заболевания по всему миру, 49 тысяч смертей в России и 1189 – в Республике Башкортостан [1]. Основываясь на типе клеток, составляющих опухоль, выделяют две группы РЛ: мелкоклеточный (МРЛ) и немелкоклеточный (НМРЛ). МРЛ составляет 15% всех случаев РЛ и представляет собой нейроэндокринную опухоль, отличающуюся ранним метастазированием, высокой степенью васкуляризации и быстрым ростом [2]. Этот гистологический тип РЛ, как правило, развивается у ныне курящих или бывших курильщиков и имеет исключительно неблагоприятный прогноз. Исследования генома опухолевых клеток больных МРЛ выявили многочисленные хромосомные перестройки. В частности, было обнаружено, что при МРЛ наиболее часто возникают делеции и дупликации областей, где находятся гены-супрессоры опухолевого роста (3p, 5q, 13q, 17p) или онкогены (1p, 2p, 3q, 5p, 8q, 19p), соматические мутации в генах, кодирующих рецепторы тирозинкиназ, ферменты, модифицирующие хроматин, факторы транскрипции и другие [3].

Материал и методы. Исследование включало 80 образцов опухолевой ткани, фиксированной в формалине и залитой в парафин, полученных от больных с МРЛ, находящихся на стационарном лечении в Республиканском клиническом онкологическом диспансере г. Уфы. Выделение ДНК проводилось с помощью набора GeneRead DNA FFPE Kit (QIAGEN). Поиск мутаций гена *CHEK2* осуществлялся методом мультиплексной амплификации лигированных зондов (Multiplex Ligation-dependent Probe Amplification, MLPA) с использованием набора SALSA MLPA Probemix P056 TP53 (MRC-Holland, Нидерланды).

Результаты и обсуждение. Был проведен поиск мутаций в восьмом, десятом и тринадцатом экзонах гена *CHEK2*, также был проведен анализ мутации *c.1100delC*. В одном из исследованных образцов была

обнаружена делеция 13-го экзона *CHEK2*, в четырех образцах – мутация *c.1100delC*. В восьмом и десятом экзонах *CHEK2* мутации в изученных образцах не найдены. Таким образом, изменения нуклеотидной последовательности гена *CHEK2* имеются в 6,25% образцов, из них 5% приходится на мутацию *c.1100delC*, 1,25% - на делецию тринадцатого экзона гена *CHEK2*.

Ген *CHEK2*, расположенный на 22 хромосоме, относится к группе генов, необходимых для репарации ДНК путем гомологичной рекомбинации. Функциональным исследованием было показано, что мутация *c.1100delC* полностью подавляет активность киназы CHK2 [4]. В ряде работ выявлена ассоциация мутации *c.1100delC* с развитием рака молочной железы, яичников, простаты, желудка и толстой кишки [5,6,7]. Однако у больных МРЛ мутация *c.1100delC* ранее не была описана. Стоит отметить, что показана ассоциация полиморфного локуса *rs17879961* гена *CHEK2* и его мутаций (*del5395*, *IVS2 + 1G>A*, *1100delC*, *1157T*) с риском развития НМРЛ [8].

Таким образом, в данном исследовании впервые была обнаружена мутация *c.1100delC* гена *CHEK2* у пациентов с МРЛ.

Работа поддержана грантом СПбГУ ID 60238366/ID проекта 60257092.

Литература

1. Злокачественные новообразования в России в 2020 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России. – 2021. – илл. – 252 с.
2. Gazdar A. F., Bunn P. A., Minna J. D. Small-cell lung cancer: what we know, what we need to know and the path forward //Nature Reviews Cancer. – 2017. – Vol. 17. – № 12. – P. 725-737. DOI:10.1038/nrc.2017.87
3. Semenova E. A., Nagel R., Berns A. Origins, genetic landscape, and emerging therapies of small cell lung cancer //Genes & development. – 2015. – Vol. 29. – № 14. – P. 1447-1462. DOI:10.1101/gad.263145.115
4. Wu X., Webster S. R., Chen J. Characterization of tumor-associated Chk2 mutations //Journal of Biological Chemistry. – 2001. – Vol. 276. – №. 4. – P. 2971-2974. DOI: 10.1074/jbc.M009727200.
5. Kuusisto K. M. et al. Screening for BRCA1, BRCA2, CHEK2, PALB2, BRIP1, RAD50, and CDH1 mutations in high-risk Finnish BRCA1/2-founder mutation-negative breast and/or ovarian cancer individuals //Breast Cancer Research. – 2011. – Vol. 13. – P. 1-13. DOI: 10.1186/bcr2832

6. Wu Y. et al. A comprehensive evaluation of CHEK2 germline mutations in men with prostate cancer //The Prostate. – 2018. – Vol. 78. – №. 8. – P. 607-615. DOI: 10.1002/pros.23505
7. Teodorczyk U. et al. The risk of gastric cancer in carriers of CHEK2 mutations //Familial cancer. – 2013. – Vol. 12. – №. 3. – P. 473-478. DOI: 10.1007/s10689-012-9599-2
8. Wang Y. et al. Rare variants of large effect in BRCA2 and CHEK2 affect risk of lung cancer //Nature genetics. – 2014. – Vol. 46. – №. 7. – P. 736-741. DOI: 10.1038/ng.3002.

© Низамова А.Р., Гималова Г.Ф.,
Абдуллин З.С., Хуснудинова Э.К., 2022 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБИОТЫ
В КРОВИ МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ
МИКРОБНЫХ МАРКЕРОВ У ДЕТЕЙ
С СИНДРОМОМ РАЗДРАЖЕННОГО КИШЕЧНИКА**

Федорова Ю.Ю.¹, Мурзина Р.Р.², Псянчина Р.М.², Ибрагимова В.В.¹,
Бариева Э.Р.¹, Бариева Р.Р.¹, Григорьева А.А.¹, Гатиятуллин Р.Ф.²

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия

К настоящему времени накоплены данные о микробных сообществах кишечника человека и показана ассоциация дисбаланса кишечной микробиоты с заболеваниями желудочно-кишечного тракта. Учитывая ограниченность данных о составе микробиоты в кишечнике при синдроме раздраженного кишечника (СРК) у пациентов из Республики Башкортостан, целью работы явилось изучение видового и количественного состава микрофлоры кишечника методом детектирования микроорганизмов по химическим маркерам у детей с диагнозом СРК. Под наблюдением находились 11 детей с диагнозом СРК в возрасте от 3 до 14 лет. Структуру микробного сообщества кишечника у детей с СРК оценивали, используя метод масс-спектрометрии микробных маркеров в крови. В ходе анализа оказалось возможным установить в крови наличие микроорганизмов, принадлежащих к 56 таксону. Результаты сравнительного анализа микробного сообщества в крови у детей с СРК показали увеличение численности микроорганизмов: *Clostridium (C. tetani, C. ramosum, C. perfringens)*, *Staphylococcus (S. aureus, S. epidermidis)*, *Eggerthella lenta*, *Peptostreptococcus anaerobius*, *Propionibacterium (P. acnes, P. jensenii)*, *Nocardia spp.*, *Blautia coccoides*, *Streptomyces spp.* ($p < 0,05$) и снижение численности *Lactobacillus spp.* ($p < 0,05$) по сравнению с референсными значениями. Известно, что комменсальным клостридиям отводится ключевая роль в модуляции кишечного гомеостаза в организме человека, а снижение численности *Lactobacillus spp.* ведет к дисбиотическим сдвигам в кишечнике и усиливает воспаление.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ № 075-03-2021-193/5.

© Федорова Ю.Ю., Мурзина Р.Р., Псянчина Р.М., Ибрагимова В.В.,
Бариева Э.Р., Бариева Р.Р., Григорьева А.А., Гатиятуллин Р.Ф., 2022 г.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИАГНОСТИКА СИНДРОМА ЭЛЕРСА ДАНЛОСА

Равчеева Д.Р., Ниценко Н.Н., Муллаянова И.Р.,
Надыршина Д.Д., Хусаинова Р.И.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Синдром Элерса-Данлоса (СЭД) клинически и генетически гетерогенное наследственное заболевание соединительной ткани. В работе были использованы образцы ДНК 26 больных. Для поиска структурных изменений в генах, участвующих в развитии заболеваний, нами были разработаны панели таргетного секвенирования (NGS) с использованием технологии Illumina (Miseq): у пациентов с СЭД было проведено секвенирование 2-х генов *COL5A1* и *COL5A2*. Панели праймеров позволяли амплифицировать целевые регионы генома, включающие CDS и сайты сплайсинга генов *COL5A1/COL5A2*, для последующего высокопроизводительного секвенирования на платформе Illumina. Молекулярно-генетическая диагностика пациентов с СЭД проводилась в Центре «Молекулярной медицины» (БашГУ, Уфа) с использованием наборов ООО ПАРСЕКЛАБ (PARSEQ, Санкт-Петербург).

У пациентов с СЭД были идентифицированы 7 патогенных изменений в гене *COL5A1* (с.212delC, с.3184C>T, с.4135C>T, с.4910G>T, с.4050dupC, с.5104T>C, с.5115T>G) и две - в гене *COL5A2* (с.1558G>A и с.4113+3A>G)). Мутации с.3184C>T, с.4050dupC, с.4135C>T в гене *COL5A1* являются ранее описанными мутациями, остальные выявленные нами изменения в литературе не описаны, предсказательные программы оценивают их как патогенные варианты. У пациентов с СЭД три патогенных изменения были выявлены сразу у нескольких неродственных пациентов: с.4910G>T обнаружена у 2-х неродственных пациентов, с.5104T>C – у 4-х больных, и с.5115T>G – у четырех, остальные варианты были выявлены однократно.

Таким образом, нами были идентифицированы патогенные изменения у 65% (17/26) пациентов с СЭД.

© Равчеева Д.Р., Ниценко Н.Н., Муллаянова И.Р.,
Надыршина Д.Д., Хусаинова Р.И., 2022 г.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕСОВЕРШЕННОГО ОСТЕОГЕНЕЗА

Надыршина Д.Д., Саетова Э.Ф., Шаяхметова А.И.,
Тукташева Р.Р., Хусаинова Р.И.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Несовершенный остеогенез (НО) клинически и генетически гетерогенное наследственное заболевание соединительной ткани. В работе были использованы образцы ДНК 60 больных из 52 семей с подозрением на несовершенный остеогенез. Для поиска структурных изменений в генах, участвующих в развитии заболеваний, нами был разработан панели таргетного секвенирования (NGS) с использованием технологии Illumina (Miseq): у пациентов с НО было проведено секвенирование 2-х генов *COL1A1* и *COL1A2*. Панели праймеров позволяли амплифицировать целевые регионы генома, включающие CDS и сайты сплайсинга генов *COL1A1/COL1A2*, для последующего высокопроизводительного секвенирования на платформе Illumina. Молекулярно-генетическая диагностика пациентов с НО проводилась в Центре «Молекулярной медицины» (БашГУ, Уфа) с использованием наборов ООО ПАРСЕКЛАБ (PARSEQ, Санкт-Петербург).

В результате исследования были выявлены 26 мутаций в генах *COL1A1* и *COL1A2* у больных НО, из них 16 мутаций обнаружены в гене *COL1A1* (с.358C>T, с.375dupC, с.407dupG, с.579delT, с.658C>T, с.858+1G>A, с.967G>T, с.1081C>T, с.1243C>T, с.2444delG, с.2461G>A, с.2569G>T, с.2869C>T, с.3076C>T, с.3792delG, с.1354-12G>A), 10 - в гене *COL1A2* (с.647G>A, с.874G>A, с.1826G>A, с.1897_1902dupGCTGGT, с.2341G>C, с.2756G>A, с.2971G>C, с.3034G>A, с.3277G>A, с.3977A>G). Десять патогенных изменений у больных НО оказались ранее не описанными: три в гене *COL1A1* (с.375dupC, с.407dupG и с.3792delG), семь в *COL1A2* (с.647G>A, с.1826G>A, с.2341G>C, с.2971G>C, с.3277G>A, с.3977A>G и с.1897_1902dupGCTGGT).

Таким образом, нами были идентифицированы патогенные изменения в 46,2% семей с НО. Проведенное исследование показало высокую эффективность использованных таргетных панелей для определения молекулярного дефекта редких наследственных заболеваний соединительной ткани.

© Надыршина Д.Д., Саетова Э.Ф., Шаяхметова А.И.,
Тукташева Р.Р., Хусаинова Р.И., 2022 г.

ПОИСК МУТАЦИЙ ГЕНА *PIK3CA* У БОЛЬНЫХ РАКОМ ЖЕЛУДКА ИЗ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Ващенко В.И., Нургалиева А.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Рак желудка (РЖ) представляет собой распространенное злокачественное новообразование во всем мире, формирующееся из клеток слизистой оболочки органа. Является пятым по значимости типом рака и третьей причиной смерти от рака в мире. Согласно базе данных COSMIC, большинство из мутаций гена *PIK3CA* (около 90%) возникает в трех «горячих точках»: положениях E542 и E545 экзона 9 (хеликазный домен), положении H1047 экзона 20 (киназный домен). Более редкие разновидности мутаций обнаруживаются в домене, который кодирует N-концевой участок p110 α , взаимодействующий регуляторной субъединицей с p85.

В качестве материала для исследования послужили образцы ДНК больных РЖ и контрольной группы. Группу больных составили 453 пациента, из которых у 379 ДНК была выделена из периферической крови и у 74 из опухолевой и прилежащей к ней гистологически нормальной ткани. Больные наблюдались в Республиканском клиническом онкологическом диспансере г. Уфа. Контрольная группа состояла из здоровых доноров и насчитывала 300 человек. Для обнаружения мутаций в нуклеотидной последовательности 9-го экзона (92 п.н.) гена *PIK3CA* использовали метод анализа кривых плавления ДНК с высокой разрешающей способностью (HRM) с предварительным проведением ПЦР. Подбор последовательностей праймеров для ПЦР осуществлялся с помощью ресурса для поиска праймеров – Primer-BLAST.

В результате анализа кривых плавления в 9 экзоне гена *PIK3CA* среди образцов ДНК больных не было выявлено образцов с различиями.

Литература

1. Filipenko ML. Association between the prevalence of somatic mutations in *PIK3CA* gene in tumors and clinical and morphological characteristics of breast cancer patients. *Exp. Biol. Med.* 2017. Vol.163, no.2, P.250-254.
2. Vorkas P., Poupouridou N., Agelaki S., Kroupis C., Georgoulis V., Lianidou E. *PIK3CA* hotspot mutation scanning by a novel and highly sensitive high-resolution small amplicon melting analysis method // *Journal of molecular diagnostics*, Vol.12, №5, 2010.

© Ващенко В.И., Нургалиева А.Х., 2022 г.

АНАЛИЗ РОЛИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ВАРИАНТА C.1320+1G>A ГЕНА CDH1 В РАЗВИТИИ РАКА ЖЕЛУДКА

Масалимова М.Д., Нургалиева А.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Рак желудка — злокачественная эпителиальная опухоль, развивающаяся из слизистой оболочки желудка. Исходя из данных ВОЗ в 2020 году во всем мире насчитывалось примерно 1,09 млн новых случаев рака желудка. [1, 2]. Целью исследования является анализ роли генетического варианта с.1320+1G>A в выборках у больных раком желудка и здоровых индивидов из Республики Башкортостан.

В качестве материала для исследования послужили образцы ДНК, выделенные из венозной крови, 300 пациентов и 285 здоровых индивидов, лечащихся в ГАУЗ «Республиканский клинический онкологический диспансер» г. Уфа РБ. С помощью анализа кривых плавления с высокой разрешающей способностью провели скрининг патогенного генетического варианта с.1320+1G>A и нами был обнаружен один образец ДНК из крови больного РЖ с различиями в температуре. Пациентом являлась женщина, с установленным диагнозом РЖ в возрасте 72 года. Послеоперационное гистологическое исследование показало высокодифференцированную аденокарциному рака желудка, что позволяет классифицировать у пациента интестинальный тип РЖ. В результате секвенирования генетический вариант с.1320+1G>A гена *CDH1* не подтвержден, но рядом выявлено другое изменение – это миссенс вариант rs587781783 (с.1300G>C) в экзоне 9 гена *CDH1*.

Работа выполнена при финансовой поддержке «Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5»

Литература

1. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Злокачественные новообразования в России в 2020 году (заболеваемость и смертность) – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, – 2021. – илл. – 252 с.
2. Ferlay J, Ervik M, Lam F, Colombet M, Mery L, Piñeros M, et al. Global Cancer Observatory: Cancer Today. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2020 – [Электронный ресурс]: URL: <https://gco.iarc.fr/today>.

© Масалимова М.Д., Нургалиева А.Х., 2022 г.

**СКРИНИНГ ПАТОГЕННЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ
4153delA И 5382insC В ГЕНЕ *BRCA1* У БОЛЬНЫХ РАКОМ
ЖЕЛУДКА И ЗДОРОВЫХ ДОНОРОВ ИЗ РЕСПУБЛИКИ
БАШКОРТОСТАН**

Гареева Э.И., Нургалиева А.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Ген *BRCA1* играет важную роль в репарации ДНК, регуляции клеточного цикла и поддержании стабильности генома. Ген *BRCA1*, кодирующий белок *BRCA1*, является геном-супрессором опухоли, в норме защищающим клетку от злокачественного перерождения. Мутация, заключающаяся в делеции нуклеотида аденина в позиции 4153, обозначается как 4153delA. Делеция инактивирует работу гена, что в итоге может увеличивать вероятность развития онкологии.

В нашем исследовании было проанализировано 617 образцов ДНК. Группу больных составили 442 человек, из них 368 образцов ДНК, выделенные из плазмы крови человека, и 74 образцов ДНК, выделенные из опухолевой ткани человека с установленным диагнозом «рак желудка». В качестве контроля исследована группа здоровых доноров без каких-либо признаков заболеваний ЖКТ, состоящая из 175 человек различной этнической принадлежности. Кроме того, все испытуемые прошли анкетирование, учитывающее национальную принадлежность до трех поколений, год рождения, наличие у близких родственников отягощенности по онкологическим заболеваниям. Анализ проводился методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени с плавлением продуктов гибридизации с флуоресцентной меткой с последующим анализом кривых плавления. В ходе исследования был проведен поиск мутаций гена *BRCA1* 4153delA/5382insC и в результате выявлено 2 образца с мутациями по варианту 5382 insC.

Работа выполнена при финансовой поддержке «Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5»

Литература

1. Momozawa, Y., Sasai, R., Usui, Y., Shiraishi, K., Iwasaki, Y., Taniyama, Y., ... & Kubo, M. (2022). Expansion of Cancer Risk Profile for *BRCA1* and *BRCA2* Pathogenic Variants. *JAMA oncology*.

© Гареева Э.И., Нургалиева А.Х., 2022 г.

АНАЛИЗ АССОЦИАЦИЙ ПОЛИМОРФНОГО ЛОКУСА rs28362491 ГЕНА NFKB1 С РИСКОМ РАЗВИТИЯ РАКА ЖЕЛУДКА

Мустафин С.А., Нургалиева А.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Рак желудка – злокачественное новообразование, в большинстве случаев исходящее из железистых эпителиальных клеток желудка.

Работа выполнена на образцах ДНК, выделенной из венозной крови. 374 человека с диагнозом «рак желудка» и 365 человек контрольной группы в возрасте от 20 до 88 лет. У больных раком желудка и здоровых людей контрольной группы из Республики Башкортостан проведен анализ распределения частот аллелей и генотипов полиморфного варианта rs28362491 гена *NFKB1*. В результате сравнительного анализа среди татар были обнаружены различия в распределении генотипов и аллелей между больными и контролем. Установлено, что аллель с делецией является маркером повышенного риска развития РЖ, а аллель I и генотип II – маркеры пониженного риска развития РЖ.

При совместном обчете (мета-анализ) всех трех этнических групп (русские, татары, башкиры), показана гетерогенность 50%, различия между больными и контролем были недостоверны. Мета-анализ частоты встречаемости аллелей и генотипов полиморфного локуса rs28362491 гена *NFKB1* у русских и татар не дал статистически значимых различий между больными и контролем. При проведении мета-анализа выборок башкир и татар было обнаружено, что аллель D полиморфного локуса rs28362491, который является для популяции татар маркером повышенного риска развития рака желудка, для популяции башкир также является маркером повышенного риска.

Работа выполнена при финансовой поддержке «Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5»

Литература

1. Chaithongyot, Supattra, et al. "NF-κB in gastric cancer development and therapy." *Biomedicines* 9.8 (2021): 870.

© Мустафин С.А., Нургалиева А.Х., 2022 г.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАКА ЖЕЛУДКА

Шаехова Н.Р., Нурғалиева А.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Было проведено исследование, анализ ассоциации полиморфного варианта rs895819 гена *MIR27A* с риском развития рака желудка. В исследование включено 129 пациента с диагнозом РЖ различной этнической принадлежности. В качестве контроля была проанализирована группа здоровых индивидов без признаков патологий ЖКТ, состоящая из 114 человек различной этнической принадлежности.

Полученные в процессе исследования данные были обработаны с использованием программной системы Microsoft Office Excel 2019, программы Epidemiologic Analysis of a 2x2 Table including Fisher's Exact test by Log-based approach approach STATISTICA v.13.0. (StatSoft).

В рамках нашего исследования был проведен анализ ассоциации полиморфного варианта rs895819 гена *MIR27A* с целью оценки его роли в развитии предрасположенности к РЖ среди больных РЖ и индивидов без патологий РЖ из Республики Башкортостан. Анализ полиморфного варианта rs895819 гена *MIR27A* выявил, что в группе больных в большей степени распространен гетерозиготный генотип rs895819*ТС. Его частота в различных этнических группах варьировала от 45,00% до 81,82%. В группе контроля распространен гомозиготный генотип rs895819*ТС с частотой от 50,00% до 69,23%. Гомозиготный генотип rs895819*СС был обнаружен у 4,65% больных индивидов и 9,65% у пациентов, не страдающих патологиями ЖКТ. Таким образом, в результате исследования мы не выявили статистически значимую ассоциацию полиморфного варианта rs895819 гена *MIR27A* между изученными выборками пациентов с РЖ и контрольной группы из нашего региона.

Работа выполнена при финансовой поддержке «Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5»

Литература

1. Wong M.L., Belsare S., Levy-Sakin M., Mostovoy Y., Durinck S., Chaudhuri S., Xiao M., Peterson A.S., Kwok P.Y., Seshagiri S., Wall J.D. Evaluating the quality of the 1000 genomes project data. BMC Genomics. 2019 ;20-1:620.

© Шаехова Н.Р., Нурғалиева А.Х., 2022 г.

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ rs7412 и rs429358 ГЕНА APOE В ПОПУЛЯЦИЯХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Екомасова Н.В.^{1,2}, Джаубермезов М.А.^{1,2}, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Аполипопротеин Е является переносчиком липидов как в периферической, так и в центральной нервной системе и непосредственно связан с переносом холестерина в головном мозге. Сочетание генотипов двух вариантов rs7412 и rs429358 гена APOE принято обозначать с помощью значений ϵ , так наиболее часто встречающимся является аллель $\epsilon 3$, и генотип $\epsilon 3/\epsilon 3$. В свою очередь рисковым является аллель $\epsilon 4$ и генотип $\epsilon 4/\epsilon 4$, который, как было показано значительно увеличивает риск развития болезни Альцгеймера (Farrer et al., 1997). Кроме того, было показано, что APOE является ключевым белком для поддержания нормального гомеостаза легких, за счет контроля за содержанием холестерина в крови. В когорте пожилых людей из Биобанка Великобритании было выявлено, что гомозиготный генотип $\epsilon 4/\epsilon 4$ гена APOE, повышает риск тяжелого течения COVID-19, независимо от наличия деменции, сердечно - сосудистых заболеваний и сахарного диабета 2 типа. В исследованных нами популяциях рисковый генотип $\epsilon 4/\epsilon 4$ с наибольшими частотами встречается в субпопуляциях бурзянских башкир (6,4%), туймазинских татар (5,3%), архангельских башкир (4,9%) и пермских башкир (4,2%) (рис3). Что интересно все 3 исследованные нами субпопуляции башкир демонстрируют наибольшие частоты рискового генотипа, а субпопуляция туймазинских татар также имеющая высокую частоту генотипа $\epsilon 4/\epsilon 4$ проживает на территории Республики Башкортостан. Генотип $\epsilon 4/\epsilon 4$ не был нами обнаружен в популяциях даргинцев, лезгин, осетинов, караногайцев, казанских татар, абазин, абхазов, кумыков, чамалинцев, мегрелов, чувашей и мордвы. Статистически значимые различия в распределении генотипа $\epsilon 4/\epsilon 4$ в исследованных нами популяциях выявлено не было. Также, хотелось бы отметить, что аллель $\epsilon 2$ вообще не встречается в популяции бурзянских башкир, даже в виде гетерозигот. Генотип $\epsilon 2/\epsilon 2$ гена APOE, встречался крайне редко и был зафиксирован нами в популяции бесермян (3,3%), удмуртов (1,3%) и абхазов (1,2%).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-74-00104 и при поддержке «Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5»

Литература

1. Bertram, L., McQueen, M. B., Mullin, K., Blacker, D., & Tanzi, R. E. Systematic meta-analyses of Alzheimer disease genetic association studies: the AlzGene database. //Nature genetics. – 2007. – Т. 39. – №. 1. – С. 17-23.
2. Farrer, L. A., Cupples, L. A., Haines, J. L., Hyman, B., Kukull, W. A., Mayeux, R., ... & Van Duijn, C. M. Effects of age, sex, and ethnicity on the association between apolipoprotein E genotype and Alzheimer disease: a meta-analysis //Jama. – 1997. – Т. 278. – №. 16. – С. 1349-1356.

© Екомасова Н.В.,
Джаубермезов М.А., Хуснутдинова Э.К., 2022 г.

УДК 517.9, 519.633

DOI: 10.33184/fmpve2022-2022-10-19.222

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАТОГЕННЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ГЕНОВ-КАНДИДАТОВ НАСЛЕДСТВЕННОГО РАКА ЯИЧНИКОВ И МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В НЕКОТОРЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ КAVKAZA

Екомасова Н.В.^{1,2}, Джаубермезов М.А.^{1,2}, Прокофьева Д.С.¹, Нургалиева А.Х.¹, Сахабутдинова Д.Р.¹, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Значительным шагом в понимании наследственных основ рака, было выявление генов BRCA1 и BRCA2, мутации в которых связывают с высоким риском развития опухолей как молочной железы, так и яичников. Было показано, что нарушения механизмов репарационных процессов поврежденной ДНК и поддержания стабильности генома вовлечены в патогенез онкологических заболеваний. В целом, BRCA-ассоциированный рак яичников рассматривается как отдельный подтип, в рамках которого выделяется особый набор характеристик, который называют фенотип «BRCAness». С появлением возможности проводить ранний скрининг мутаций у лиц с отягощенным онкологическим анамнезом появилась возможность выявлять предрак и ранний рак, что безусловно позволит проводить профилактические и лечебные мероприятия по отношению к людям, находящимся в группе риска. Выявление наиболее распространенных мутаций для региона позволит сократить список мутаций, на которые необходимо тестировать и ускорит поиск генетической основы заболевания. Нами были проанализированы две мутации в гене BRCA1, первая заключающаяся в делеции аденина в позиции 4153, обозначается как 4153delA. Делеция инактивирует работу гена, что в итоге увеличивает вероятность развития РЯ и РМЖ. Также известно, что вторая изученная мутация BRCA1 5382insC (5266dupC) являются причиной почти 86 % семейного рака яичников в России. Нами были исследованы 252 индивида из популяций абхазов, абазин, адыгейцев, черкесов и кабардинцев, относящихся к абхазо-адыгской лингвистической группе. Мутации BRCA1 c.5266dupC и BRCA1 4153delA не были обнаружены в исследуемых популяциях ни в гомозиготном, ни в гетерозиготном состоянии.

Исследование выполнено при поддержке «Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5» и стипендии Президента РФ.

© Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Прокофьева Д.С., Нургалиева А.Х., Сахабутдинова Д.Р., Джаубермезов М.А., Хуснутдинова Э.К., 2022 г.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАРКЕРОВ АДЕНОКАРЦИНОМЫ ЖЕЛУДКА НА ОСНОВЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО И БИОИНФОРМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Нургалиева А.Х.¹, Петрова С.Г.¹, Галлямова Л.Ф.¹, Хуснутдинова Э.К.¹
¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В Республике Башкортостан (РБ) зарегистрированы высокие показатели заболеваемости и смертности по злокачественным новообразованиям желудка. Целью данного исследования является поиск ключевых молекулярно-генетических маркеров, ассоциированных с развитием рака желудка. Материалом для исследования послужили образцы ДНК, выделенной из венозной крови больных РЖ (n=379) и здоровых доноров (n=400), выделенных из опухолевой и прилежащей к ней нормальной ткани желудка 9 больных с аденокарциномой желудка, стадия 3. Проведен анализ ассоциаций с риском развития РЖ 20 полиморфных локусов в генах *IL1β*, *IL1RN*, *IL8*, *IL10*, *MMP1*, *MMP2*, *MMP3*, *MMP9*, *MMP12*, *TIMP2*, *TIMP3*, *PGC*, *TP53*, *CDH1*, *MLH1*, *MSH2*. Выявлены маркеры, ассоциированные с повышенным риском развития РЖ: rs9619311*T/T, rs1799750*1G/2G, rs2276109*A/A, rs16260*A/A. Проведен поиск изменений нуклеотидной последовательности гена *CDH1*. Полное экзомное секвенирование по технологии NGS 18 образцов ДНК опухолевой и прилежащей к ней гистологически нормальной ткани, полученных от пациентов с РЖ, выявило три патогенных варианта: с.1320+1G>A в гене *CDH1* и с.27_28insCCCAGCCCCAGCTACCA (p.Ala9fs) гена *VEGFA* обнаружены только в опухолевой ткани, с.G1874C (p.Cys625Ser) гена *FANCA* – в опухолевой и нормальной ткани. Все изменения обнаружены у пациентов с диффузным типом РЖ.

Работа выполнена при финансовой поддержке «Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5»

Литература

1. Garcia-Pelaez, José, et al. "Gastric cancer genetic predisposition and clinical presentations: Established heritable causes and potential candidate genes." *European Journal of Medical Genetics* 65.1 (2022): 104401.

© Нургалиева А.Х., Петрова С.Г.,
Галлямова Л.Ф., Хуснутдинова Э.К., 2022 г.

ТРАНСПОРТ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ТОНКИХ ДОПИРОВАННЫХ ПЛЕНКАХ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

Квашнина Е.О., Корнилов В.М.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В данной работе исследована структура металл/полимер+допант/полупроводник. В качестве допанта (органических молекул) использовались фенолфталеин (ФФ), 3-бензилиденфталид (БФ). Для проведения данных исследований были изготовлены тонкие пленки ПММА без допантов, ПММА с добавками ФФ и ПММА с добавками БФ весовой концентрацией 1% методом центрифугирования из раствора полимера в циклогексаноне. Допирование является одним из способов изменения транспортных свойств полимеров.

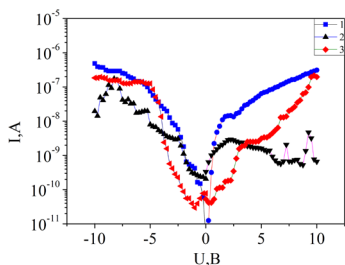


Рис.1

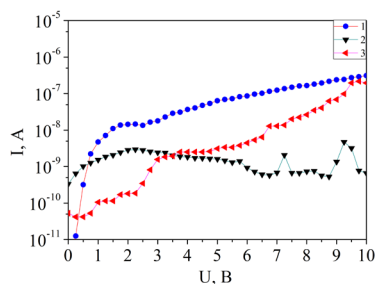
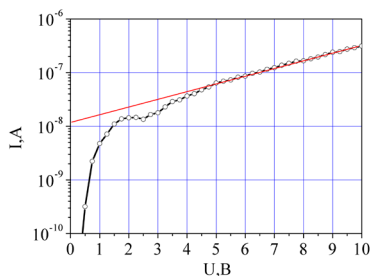
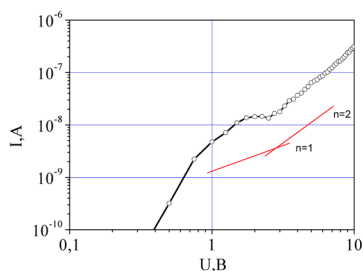


Рис. 2



а)



б)

Рис. 3

На рис. 1 показан график типичных ВАХ структуры ИТО/ПММА+Доп/Ал. Анализ результатов измерений показал, что ВАХ

имеют нелинейный вид для всех образцов ПММА+3-бензилиденфталид, ПММА+фенолфталеин и ПММА без добавок.

На рис. 2 представлена вольт-амперная характеристика ИТО/ПММА+Доп/Al в логарифмических координатах: 1– ПММА, 2– ПММА+БФ, 3– ПММА+ФФ.

На рис. 3 показаны ВАХ структуры ИТО/ПММА/Al: а) в полулогарифмических координатах; б) в логарифмических координатах. Путем аппроксимации прямой определены ток насыщения (I_s) для расчета барьера, напряжение перехода (U_p) от линейной к квадратичной для расчета концентрации и подвижности носителей заряда.

Установлено, что молекулярное допирование влияет на проводимость и подвижность носителей заряда в неупорядоченном органическом материале. Допирование тонких пленок ПММА (с толщинами от 390 нм до 555 нм), приводит к уменьшению подвижности носителей заряда и увеличению высоты потенциального барьера.

Литература

1. Карамов Д.Д. Допирование несопряженного полимера органическим соединением с двумя устойчивыми энергетическими состояниями /Карамов Д.Д., Лачинов А.Н., Пшеничнюк С.А., Лачинов А.А., Галиев А.Ф., Юсупов А.Р., Салазкин С.Н.// ЖТФ. – 2021. – Т.5. –С. 874-878
2. Квашнина Е.О., Особенности электрофизических свойств ультратонких пленок полиметилметакрилата /Квашнина Е.О., Ильин И.П., Якупова Р.Р., Михлисова Д., Карамов Д.Д.// Уфимская осенняя математическая школа, –2021. –С. 156.

© Квашнина Е.О., Корнилов В.М., 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ»

Рахимова А.И. О ГИПЕРЦИКЛИЧЕСКИХ ОПЕРАТОРАХ В ВЕСОВЫХ ПРОСТРАНСТВАХ $\mathcal{E}(\Phi)$	3
Салимова А.Е. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ МАЛЬЯВЕНА-РУБЕЛА НА КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ R-УСЛОВИЯ ЛИНДЕЛЁФА	4
Зарянов А.А. ОЦЕНКА МОДУЛЯ ПЕРВОЙ ПРОИЗВОДНОЙ ИНТЕРПОЛЯНТА, ЗАДАННОЙ В ВИДЕ КОМБИНАЦИИ ГАУССОВЫХ РАДИАЛЬНО-БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ	5
Кужасев А.Ф. БИОРТОГОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ФУНКЦИОНАЛОВ К СИСТЕМЕ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫХ МОНОМОВ С ПОЧТИ ВЕЩЕСТВЕННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ	7

СЕКЦИЯ «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ И СПЕКТРАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОПЕРАТОРОВ»

Шайхиев Э.Р., Сидельникова Н.А., Низамова А.Д. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ СИСТЕМЫ ДВУХ ЭВОЛЮЦИОННЫХ УРАВНЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА	8
Зотова Е.И., Хасанов И.С., Муртазина Р.Д. ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ УРАВНЕНИЯ $u_y = u_x + f(u)$	9

СЕКЦИЯ «МЕХАНИКА»

Кочанова Е.Ю., Улыбин В.С., Гималтдинов И.К. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ В ПОРИСТОМ РЕЗЕРВУАРЕ ИЗНАЧАЛЬНО НАСЫЩЕННОМ ГАЗОМ И ВОДОЙ С УЧЕТОМ ДИФФУЗИОННОЙ СХЕМЫ	10
Насырова Д.А., Башмаков Р.А. КОЛЕБАНИЯ СТОЛБА ЖИДКОСТИ В ОТКРЫТОЙ СКВАЖИНЕ, ПОДВЕРЖЕННОЙ ГРП	11
Кильдибаева С.Р., Суяргулова Э.Э. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛАБОРАТОРНОГО И	12

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ
ЗАТОПЛЕННОЙ СТРУИ

Жуковец А.И., Запивахина М.Н. 13

ЗАДАЧА О РАСПАДЕ РАЗРЫВА

Низамова А.Д., Киреев В.Н., Урманчиев С.Ф. 15

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ЗАДАЧА О
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕЧЕНИЯ
ЖИДКОСТИ В КАНАЛЕ КОЛЬЦЕВОГО ТИПА

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

Павленко В.А. 16

ПОСТРОЕНИЕ РЕШЕНИЙ АНАЛОГОВ ВРЕМЕННЫХ
УРАВНЕНИЙ ШРЕДИНГЕРА

СЕКЦИЯ «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТАТИСТИКА»

Павленко В.А., Арсланбекова С.А., Дик Е.Н., Загиров И.И., 17

**Зарипов Р.Р., Зиянгирова С.Р., Камильянов М.Р., Сахибгараев
Б.А., Токарев Р.И., Яппаров А.А.**

О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СУШКИ ЯЧМЕНЯ

Соколова А.В., Запивахина М.Н., Дударева О.В. 18

ЗАДАЧА ОБ ОБРАЗОВАНИИ ЛЬДА В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Шарипов Р.А. 19

ОБ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПАТТЕРНАХ В ЗАДАЧЕ КОЛЛАТЦА

Капитан Д.Ю., Рыбин А.Е., Васильев Е.В., Шевченко Ю.А., 20

Король А.О., Овчинников П.А., Нефедев К.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ СПИНОВОГО
СТЕКЛА С ПОМОЩЬЮ ГЛУБИННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Рыбин А.Е., Капитан Д.Ю., Макаров А.Г., Васильев Е.В., 21

Капитан В.Ю., Овчинников П.А., Нефедев К.В.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ГИБРИДНЫЙ МУЛЬТИСПИНОВЫЙ МЕТОД
МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ДВУМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЭДВАРДСА-
АНДЕРСОНА

Давлетова К.Р., Запивахина М.Н. 22

МОДЕЛЬ ОГРАНИЧЕННОГО РОСТА. МОДЕЛЬ ФЕРХЮЛЬСТА

Ковальчук Т.Н., Гильманов А.Я., Шевелёв А.П. 23

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАРОЦИКЛИЧЕСКОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ С УЧЕТОМ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПО СТВОЛУ
СКВАЖИНЫ

Овчинников П.А., Васильев Е.В., Капитан Д.Ю., Рыбин А.Е., Капитан В.Ю.	24
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРКОЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ	
Сулейманов Т.Р., Бердникова М.Л.	25
РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ	
Акманов И.С.	26
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ УНТ/ПОЛИМЕР	
Усманов Б.А., Зиннатуллин Р.Р., Мусин А.А., Гайсин И.В.	27
ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ДЛИНЕ НЕФТЕМАТЕРИНСКОЙ ПОРОДЫ ПРИ СВЧ НАГРЕВЕ	
Купцова А.Ф.	29
АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В АЛЮМИНИЕВОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ	
Тимершаехов Д.Ф., Давлетбаев А.Я.	30
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТУРА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ НА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ ДОБЫЧИ/ЗАКАЧКИ ЖИДКОСТИ	
Сынбулатов А.М., Белова А.С.	31
АППРОКСИМАЦИЯ МАТРИЦЫ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ	
Мустафина С.И., Акимов А.А.	32
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В МОДЕЛИРОВАНИИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ	

СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА»

Шираева А.А., Гесс Д.-Л.З.	34
О КОРРЕЛЯЦИОННОМ МЕТОДЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК	
Мухамадеева В.В., Степанов С.В., Екомасов Е.Г.	35
ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ НЕМАГНИТНОГО СЛОЯ НА ВЕЛИЧИНЫ КРИТИЧЕСКИХ ТОКОВ В ВИХРЕВОМ СПИН-ТРАНСФЕРНОМ НАНООСЦИЛЯТОРЕ	
Шарипов Р.А.	37
ВСЕЛЕННАЯ КАК 3D-БРАНА И УРАВНЕНИЯ ДЛЯ НЕЁ	
Самсонов К.Ю., Кабанов Д.К.	38
НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНЫ УРАВНЕНИЯ СИНОС-ГОРДОНА В МОДЕЛИ С ПРОТЯЖЕННЫМИ ПРИМЕСЯМИ. СТРУКТУРА И	

ДИНАМИКА КИНКА	
Бострем И.Г., Овчинников А.С., Екомасов Е.Г., Сеницын Вл.Е.	39
МАГНИТНЫЕ БРИЗЕРЫ В ОДНООСНЫХ КИРАЛЬНЫХ МАГНЕТИКАХ	
Вл.Е. Сеницын, А.С. Овчинников, И.Г. Бострем, Е.Г. Екомасов	41
МОДЕЛИРОВАНИЕ БРИЗЕРНЫХ РЕШЕНИЙ В КИРАЛЬНОЙ СПИНОВОЙ ЦЕПОЧКЕ МЕТОДОМ AUBRY	
Антонов Г.И., Екомасов Е.Г., Пугач Н.Г.	43
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СВЯЗАННЫХ МАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ В ТРЕХСЛОЙНОМ ПРОВОДЯЩЕМ НАНОЦИЛИНДРЕ ДИАМЕТРА 400 НМ	
Васильев Е.В., Капитан В.Ю., Король А.О., Капитан Д.Ю., Рыбин А.Е., Овчинников П.А., Нефедев К.В.	44
МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МАГНИТНОГО СКИРМИОНА	
Ахтарьянова Г.Ф.	45
ПРЕЦЕССИЯ ЛЕНЗЕ-ТИРРИНГА ЧЕРНЫМИ ДЫРАМИ РЭНДАЛЛА-САНДРАМА	
Зиннатуллин Р.Р.	46
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА НА ПРИЛИВНЫЕ СИЛЫ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ ХЭЙВАРДА	
Каримов Д.А., Каримов Р.Х., Юсупова Р.М., Измаилов Р.Н.	47
ИССЛЕДОВАНИЕ АККРЕЦИИ КВИНТЭССЕНЦИИ НА ЧЕРНУЮ ДЫРУ ХЭЙВАРДА	
Каримов Р.Х., Фазлыева Э.В.	48
АНАЛИЗ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КРУГОВЫХ ОРБИТ ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ КАЗАКОВА- СОЛОДУХИНА	
Новокрещенов Д.В., Соколовский В.В.	49
МАГНИТОКРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ БИНАРНЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	
Саматов М.Р., Васенко А.С.	50
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ В ДЖОЗЕФСОНОВСКИХ КОНТАКТАХ ВЫСОКОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ	
Филиппов М.А., Вахитов Р.М., Ахметова А.А., Солонецкий Р.В.	52
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ВИХРЕПОДОБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В МОДУЛИРОВАННЫХ УЛЬТРАТОНКИХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЁНКАХ	

СЕКЦИЯ «РАДИОФИЗИКА»

- Лопатюк А.В., Полканова А.М., Мирзаянова Ч.Д.** 54
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРЕЗКА ПРЯМОГО ВОЛОКОННОГО
СВЕТОВОДА
- Ахняпов Э.Ш., Мухамедов Д.И., Лопатюк А.В.** 57
РАЗРАБОТКА ВОЛОКОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ DSF ВОЛОКНА
- Лопатюк А.В.** 59
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТВЕТВИТЕЛЕЙ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩЕГО
ТИПА НА ПЛАНАРНЫХ ВОЛНОВОДАХ
С ПОДЛОЖКОЙ ИЗ LiNbO_3
- Кудояров Д.Ш., Толеков Д.А., Муллағалиев И.Н., Шарипов Т.И.** 61
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ГОМООЛИГОНУКЛЕОТИДОВ
- Толеков Д.А., Кудояров Д.Ш., Муллағалиев И.Н., Т.И., Кайнарбай А.Ж., Бахтизин Р.З.** 63
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ МЕТОДАМИ
СКАНИРУЮЩЕЙ ТУННЕЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ
- Куликовский Н.А., Инсапов А.Р., Лопатюк А.В.** 65
ИССЛЕДОВАНИЕ Y- ОБРАЗНОГО ОТВЕТВИТЕЛЯ
- Д.П. Кузнецов, А.Р. Валишин, Э.Ш. Ахняпов** 67
БЛОК ПИТАНИЯ С КОМБИНИРОВАННОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ
ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА
- С.Б. Шугубаева, А.А. Зайнуллин, А.Р. Инсапов** 68
ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ПРОБОЙ ЖИДКОСТЕЙ
- Биргалина А.М., Мухамедов Д.И.** 69
ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ПОСЛЕ
ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ПРОБОЯ

СЕКЦИЯ «НАНОЭЛЕКТРОНИКА И НАНОМАТЕРИАЛЫ»

- Апкадирова Н.Г., Крылова К.А.** 70
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИИ НА
СОРБЦИОННУЮ ЕМКОСТЬ ГРАФЕНОВОЙ ЧЕШУЙКИ:
МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
- Пухачева Ю.А., Полякова П.В.** 71
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДИФфуЗИИ АТОМОВ
АЛЮМИНИЯ И МАГНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
ДЕФОРМАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Полякова П.В., Баймова Ю.А.	73
ВЗАИМОДИФфуЗИЯ АТОМОВ НА ГРАНИЦЕ МЕЖДУ МЕТАЛЛАМИ В КОМПЗИТАХ НА ОСНОВЕ Al: МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИНАМИКА	
Грешняков В.А.	74
УСТОЙЧИВОСТЬ УГЛЕРОДНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ НАНОТРУБОК	
Павлик В.В., Грешняков В.А.	75
УСТОЙЧИВОСТЬ УГЛЕРОДНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ НАНОТРУБОК	
Юмалин Т.Т., Салихов Т.Р.	76
ОРГАНИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ В БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б.	77
BLUETOOTH LOW ENERGY В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б.	78
ДАТЧИКИ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИАНИЛИНОВ	
Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б.	79
ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В СОСТАВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМЕСЕЙ	
Соколовский Д.Н., Волкова Я.Ю. Ибарра Л., Бабушкин А.Н.	80
ИМПЕДАНСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ	
Зильберг Р.А., Вакулин И.В., Булышева Е.О., Селуянова А.А.	81
ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫЕ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСОВ Cu(II), Ni(II) И Zn(II)	
Булышева Е.О., Терес Ю.Б., Сычева М.А., Зильберг Р.А.	83
НАНОКОМПЗИТНЫЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНОГО КОМПЛЕКСА ХИТОЗАНА И N-СУКЦИНИЛ-ХИТОЗАНА	
Терес Ю.Б., Ионина А.М., Масалимова Л.Ф., Зильберг Р.А.	85
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ НАПРОКСЕНА	
Терес Ю.Б., Мухаметдинов Ч.Р., Зильберг Р.А.	86
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ХИРАЛЬНЫХ СЕЛЕКТОРОВ СМЕШАННЫХ ХЕЛАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ CU(II) И ZN(II)	
Е.А. Рожнова, Л.Р. Сафина	87
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ Al/ГРАФЕН С ПОМОЩЬЮ ПОТЕНЦИАЛ МОРЗЕ	

Галимов И.И., Вакулин И.В., Зильберг Р.А.	88
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОСТИ ХИРАЛЬНОГО МОДИФИКАТОРА	
Бульшева Е.О., Зильберг Р.А.	90
НАНОКОМПОЗИТНЫЕ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДА МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ОУНТ И ОКСИДОМ ГРАФЕНА	
Седов Е.А., Завьялов В.В., Арутюнов К.Ю.	92
УВЕЛИЧЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА В ТОНКИХ ПЛЁНКАХ АЛЮМИНИЯ	
Козин К.Д., Султанов Д.И., Абдрахманов В.Х.	93
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ДОСТУПА НА ОБЪЕКТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GSM	
Остальцова А.Д., Салихов Т.Р.	94
СЕНСОРЫ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ХИТОЗАНА	
Бадретдинов Б.Р., Остальцова А.Д.	95
ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ ПЛЕНОК ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИАНИЛИНА НА СЕНСОРНУЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ВЛАЖНОСТИ И ПАРАМ АММИАКА	
Бадретдинов Б.Р., Остальцова А.Д.	96
ДАТЧИКИ ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК	
Остальцова А.Д., Салихов Т.Р.	98
ДАТЧИКИ АММИАКА НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК	
Капустин А.В.	99
ОЦЕНКА АНАЛИЗА УСТАЛОСТНОГО ИСПЫТАНИЯ ДЕНТАЛЬНОГО ИМПЛАНТАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ БАЗИРОВАНИЯ	
Муллагалиев И.Н., Салихов Р.Б.	101
ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ФУЛЛЕРЕНА С ДОБАВКАМИ ФОСФИНА	
Муллагалиев И.Н., Салихов Т.Р.	102
ПРОИЗВОДНЫЕ ФУЛЛЕРЕНАС БИФЕНИЛОМ В ВИДЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ДЛЯ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ	
Муллагалиев И.Н., Петров И.С., Салихов Р.Б.	103
ФОТОРЕЗИСТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИАНИЛИНА ДЛЯ РАБОТЫ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ДИАПАЗОНЕ	

Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б. ФОТОТРАНЗИСТОРЫ НА ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ФУЛЛЕРЕНА C60 И СПИРОПИРАНА	104
Сафаргалин И.Н., Салихов Т.Р. ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ НА СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПАНИ	105
Абдрахманов В.Х., Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б. GPS ТРЕКЕР НА ОСНОВЕ ARDUINO UNO	106
Карабасов Т., Бобкова И.В., Голубов А.А., Васенко А.С. ГИБРИДНОЕ ГЕЛИКОИДАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ ДИОДНЫЙ ЭФФЕКТ В S/F/TI СТРУКТУРАХ	107
Ильясов Д.А., Худояров М.Р., Абдрахманов В.Х. СИСТЕМА ОБЩЕСТВЕННОЙ ПАРКОВКИ НА БАЗЕ IOT	108

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОНИКА НАНОСИСТЕМ»

К.Ю. Арутюнов А.С. Гурский, В.В. Артемов, А.Л. Васильев, А.Р. Юсупов, Д.Д. Карамов, А.Н. Лачинов СТИМУЛИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ТРАНСПОРТ В ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОАКТИВНОГО ПРОВОДЯЩЕГО ПОЛИМЕРА	110
Панова Н.А., Лабуда В.О., Юсупов А.Р. ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА ПОСЛЕ УФ ОБРАБОТКИ	112
Давлятгареев Х.И., Лачинов А.Н. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР НА КОНТАКТЕ КВАЗИДВУМЕРНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА И МЕТАЛЛА	113
Айдагулов А.А., Карамов Д.Д. ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПММА ДОПИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫМИ ФТАЛИДА	115
Яхин А.Р., Лачинов А.Н. ПОЛЕВЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ТРАНЗИСТОРЫ – ОСНОВА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СЕНСОРОВ	116
Галлямов В.А., Лачинов А.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПММА МЕТОДАМИ ВОЛЬТ-ФАРАДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК	118
Поглазов К.Ю., Юсупова Р.М., Таюпов М.М. КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛ Р-КУМАРОВОЙ КИСЛОТЫ	120

Таюпов М.М., Маркова А.В., Юсупова Р.М.	122
ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛ КСЕНОБИОТИКОВ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ РЕЗОНАНСНОГО ЗАХВАТА ЭЛЕКТРОНОВ	
Поглазов К.Ю., Маркова А.В., Рахмеев Р.Г., Галиев Р.В.	124
ДИССОЦИАТИВНЫЙ ЗАХВАТ МОЛЕКУЛ ЭТИЛ МАЛЬТОЛА	
Калимуллина Л.Р., Сафарова Г.В., Тляпкулова Г.Ф., Лачинов А.Н.	125
КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СОПОЛИАРИЛЕНЭФИРКЕТОНОВ	
Поздняков А.Д., Каримов В.Р.	126
ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПЛЕНОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИБРАЦИОННОГО ПОЛИВА В КОНТРОЛИРУЕМОЙ АТМОСФЕРЕ	
Галлямова О.В., Худяков С.В., Пугач Н.Г., Екомасов Е.Г.	127
РАСЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОГО ИМПЕДАНСА НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА СВЕРХПРОВОДНИК-ФЕРРОМАГНЕТИК	
Макаров М.С. Бунаков А.А.	129
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ ПОЛУПРОВОДНИК-ПДФ-МЕТАЛЛ	
Тарасов А.В., Бунаков А.А.	130
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ ПОЛУПРОВОДНИК-ПММА-МЕТАЛЛ	
Исламгулов А.Р., Корнилов В.М.	131
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕЗИСТИВНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНКАХ	
Ильин И.П., Корнилов В.М.	132
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ДОПИРОВАННЫХ ПЛЕНОК ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА	
Маркова А.В., Сафронов А.М., Поглазов К.Ю., Юсупова Р.М.	134
КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВАКАНТНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРБИТАЛЕЙ МОЛЕКУЛ ТРИКЛОКАРБАНА И ГЕКСАХЛОРОФЕНА	
Юсупова Р.М., Маркова А.В., Таюпов М.М.	136
МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ФРАГМЕНТАРНЫХ АНИОНОВ ПРИ ДИССОЦИАТИВНОМ ЗАХВАТЕ ЭЛЕКТРОНОВ МОЛЕКУЛАМИ МАЛЬТОЛА И ЭТИЛ МАЛЬТОЛА	
Туркин Я.В., Пугач Н.Г., Екомасов Е.Г.	138
ГЕНЕРАЦИЯ СПИНОВОГО ТОКА В ГИБРИДНОЙ СТРУКТУРЕ СВЕРХПРОВОДНИК / ФЕРРОМАГНИТНЫЙ ДИЭЛЕКТРИК	

Карамов Д.Д., Лачинов А.Н., Чеботарева А.Б., Шапошникова В.В.	139
МОРФОЛОГИЯ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУБМИКРОННЫХ ПЛЕНОК ПАЭК	
Галиев А.Ф., Карамов Д.Д., Лачинов А.Н.	140
ТРАНСПОРТ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В СТРУКТУРЕ Si/ITO/ПАЭК/Cu	
Разяпов Р.М., Султанов И.И., Халиуллина Р.И.	141
СОБЕННОСТИ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕКТРОННОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ	
Пугач Н.Г., Екомасов Е.Г.	142
ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ СВЕРХПРОВОДНИКОВОЙ СПИНТРОНИКИ	
Валеев Д.Р., Логинова В.А., Суяргулов А.Р.	143
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ПОЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВИБРАЦИИ ПОДЛОЖКИ	
Сабиров Ф.А., Лачинов А.Н.	144
ВЛИЯНИЕ КОНТАКТНОЙ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ НА ГРАНИЦЕ МЕТАЛЛ/ПОЛИМЕР НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ	
Садрисламова К.А., Лачинов А.Н.	145
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ОБЛАСТЕЙ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ	
Ахняпов Э.Ш., Абдрахманов В.Х.	147
УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОНИТОРИНГА УРОВНЕЙ ЗАГАЗОВАННОСТИ НА БАЗЕ IOT	
Ихсанов Р.Ш., Усков А.В., Проценко И.Е.	149
ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ ПЛОТНОСТИ ФОТОТОКА ИЗ ПЛАЗМОННЫХ НАНОЧАСТИЦ: ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЯВЛЕНИЯ И ПРИМЕР РАСЧЕТОВ	
Попова Е.А.	150
ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА КВАЗИОДНОМЕРНЫХ ХАЛДЕЙНОВСКИХ МАГНЕТИКОВ $(Y_{1-x}Nd_x)_2BaNiO_5$	
Селезнёв Д.В., Пугач Н.Г., Яговцев В.О., Екомасов Е.Г.	151
ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЁТ ПЛОТНОСТИ СОСТОЯНИЯ В ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ СВЕРХПРОВОДНИК-ФЕРРОМАГНИТНЫЙ ДИЭЛЕКТРИК	
Пашковская В.Д., Васенко А.С.	152
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ СОСТОЯНИЙ В	

ПРИСУТСТВИИ РАССЕЙНИЯ В ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ
СВЕРХПРОВОДНИК/ФЕРРОМАГНЕТИК

СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

- Сафина Л.Р., Баимова Ю.А., Крылова К.А., Мурзаев Р.Т.** 154
ЗАПОЛНЕНИЕ СКОМКАННОГО ГРАФЕНА
НАНОЧАСТИЦАМИ МЕДИ: АТОМИСТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
- Карандышев Д.А., Креницын Н.А., Грешняков В.А.** 156
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТРЕХМЕРНО
ПОЛИМЕРИЗОВАННЫХ ФУЛЛЕРИТОВ
- Ерагер К.Р., Байгутлин Д.Р., Соколовский В.В.,** 157
Бучельников В.Д.
ФАЗОВАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ДВОЙНИКОВЫХ СТРУКТУР
НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ СПЛАВОВ ГЕЙСЛЕРА Ni-Mn-In
- Устинова И.С.** 158
ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ ОКСИДА $Ce_{0.8}Cu_3V_4O_{12}$ В
ОБЛАСТИ ДАВЛЕНИЙ 16-46 ГПа
- Луницкая Ю.А., Дугин А.Д.** 159
ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МУЛЬТИФЕРРОИКОВ
В СВЧ ДИАПАЗОНЕ
- Албутова Ю.О., Кузина Л.Г., Берестова Т.В.** 160
ОПТИМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА ДИСУЛЬФИДА NaS_2 НА ОСНОВЕ
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТИОЛОВ
- Загитов Р.Р., Ситдиков О.Ш., Автократова Е.В.,** 161
Маркушев М.В.
ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ В СПЛАВЕ Al-3 %Cu В ПРОЦЕССЕ
ТЕПЛОГО РКУП
- Р.Ю. Гайфуллин, И.И. Мусабириев, Сафаров И.М.,** 162
Галеев Р.М., Алиев А.М., Гаджиев А.Б.
ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ НА МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В
СПЛАВЕ $Ni_{2.25}Mn_{0.75}Ga_{0.93}Si_{0.07}$
- Терешкин В.В., Автократова Е.В., Крымский С.В.,** 164
Ситдиков О.Ш., Маркушев М.В.
ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ
И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ЕСТЕСТВЕННОГО СТАРЕНИЯ НА
ПРОЧНОСТЬ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1965
- Степухов Е.М., Галиева Э.В., Классман Е.Ю.** 165
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СПЛАВА ЭП975 ПОСЛЕ
ДЕФОРМАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Кутов А.Х., Сафаргалиев Д.И., Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р.	166
ДИНАМИКА РЕШЕТКИ СУЛЬФИДА МЕДИ	
Сафаргалиев Д.И., Кутов А.Х., Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р.	167
ИЗУЧЕНИЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК ТЕЛЛУРИДА МЕДИ	
Палымбетов Р.Ш., Назаров К.С., Балапанов М.Х.,	168
Кутербеков К.А.	
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ СКАНИРУЮЩАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СУЛЬФИДОВ МЕДИ $Li_xCu_{2-x}S$ ($x=0.10, 0.16, 0.18$)	
Ахметгалиев Б.М., Алина Р.М., Балапанов М.Х.,	170
Ишембетов Р.Х., Кутербеков К.А., Сайфуллина А.И.	
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СУЛЬФИДА $Li_{0.15}Cu_{1.75}S$	
Саносян А.А., Соколовский В.В., Бучельников В.Д.	173
СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ ГЕЙСЛЕРА	

СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИКА»

Карачурин А.И.	174
ВЛИЯНИЕ ОСАЖДЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРИМЕСИ НА ПОТОК ФЛЮИДОВ В СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ	
Галимов Р.А., Вахитова Г.Р.	176
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОРАЗРЫВА СЛАБОПРОНИЦАЕМЫХ КАРБОНАТНЫХ ПЛАСТОВ	
Сабирова А.Р.	177
ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН	

СЕКЦИЯ «ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА»

Шарипов Р.А.	179
О ПОЛУЧЕНИИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ	
Казина Л.З., Мирзаянов А.А., Ниценко В.А., Питюк Ю.А.,	180
Ломухин А.Ю.	
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫТЕСНЕНИЯ ВОДЫ ГАЗОМ В МИКРОМОДЕЛИ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ С ТРЕЩИНОЙ И ЛОВУШКАМИ	
Ниценко В.А., Давлетбаев А.Я., Ишкин Д.З.	181
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНДЕНСАТНОЙ БАНКИ В НИЗКОПРОНИЦАЕМОМ ГАЗОВОМ ПЛАСТЕ В СКВАЖИНЕ С	

ТРЕЩИНОЙ ГРП	
Ганиева Д.И., Гесс Д.-Л.З.	182
СИЛЬНОЕ ГРАВИТАЦИОННОЕ ЛИНЗИРОВАНИЕ В СЛУЧАЕ СФЕРИЧЕСКИ СИММЕТРИЧНЫХ РЕГУЛЯРНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧЕРНЫХ ДЫР	
Сулейманов Р.Р., Хисамов А.А.	184
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДАВЛЕНИЯ В СКВАЖИНЕ С ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ	
Фаткуллина Н.Б., Солнышкина О.А., Булатова А.З.	186
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ КЕРАМИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ ПРИ СПЕКАНИИ	
Мухутдинова А.А.	187
ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ КАНАЛА НА ТЕЧЕНИЕ ТЕРМОВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ	
Г.И. Мухарямова, Р.Р. Зиннатуллин, В.Н. Киреев, Л.А. Ковалева	188
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТЕЙ И ИХ СМЕСЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	
Адельгужина Э.М.	190
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТУПЕНЧАТОГО ТЕСТА В НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ С ТРЕЩИНОЙ САМОПРОИЗВОЛЬНОГО РАЗВИТИЯ	
Юлмухаметова Р.Р., Мусин А.А., Ковалева Л.А.	191
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ КАПЕЛЬ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ ЭМУЛЬСИИ В ПОЛЕ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ	
Аюпов А.Р., Валиуллина В.И., Мусин А.А.	192
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ ЭМУЛЬСИИ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ КАНАЛЕ	
Фазлетдинов С.У., Питюк Ю.А., Муллаянов А.И.	193
ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫТЕСНЕНИЯ МАСЛА В ПОРИСТЫХ МОДЕЛЯХ С КОНТРОЛИРУЕМОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ	
Ефимова М.В., Фахреева Р.Р., Питюк Ю.А.	195
АНАЛИЗ МЕЖСКВАЖИННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕТОДАМИ MLR И SRMP	
Булатова А.З., Солнышкина О.А., Фаткуллина Н.Б.	196
ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В МИКРОКАНАЛАХ С НЕРОВНЫМИ СТЕНКАМИ	

Афанасьев М.О., Замула Ю.С., Батыршин Э.С.	197
ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ МИКРОЭМУЛЬСИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ СЛЮДЫ НА АТОМНО-СИЛОВОМ МИКРОСКОПЕ	
Сафарова А.Р.	198
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПО УРАВНЕНИЮ СОСТОЯНИЯ	
Фарвазов Л.Э., Валиев. А.А., Мусин А.А., Давлетбаев А.Я.	199
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ В НАСЫПНОЙ ЯЧЕЙКЕ ПРИ РАЗНЫХ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	
Абдрахманова Л.Р., Мусин А.А.	200
МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	
Гарифуллин И.Ш., Чугунов С.С., Солнышкина О.А.	201
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ СПЕКАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ	
Гарифуллин И.Ш., Батыршин Э.С., Солнышкина О.А.	202
МИКРОФЛЮИДНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МОБИЛИЗАЦИИ ОСТАТОЧНОЙ НЕФТИ	

СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ, ФИЗИКИ»

Лукманова А.Р., Запивахина М.Н.	203
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УПРАЖНЕНИЙ НА ГОТОВЫХ ЧЕРТЕЖАХ ПРИ ОБУЧЕНИИ ГЕОМЕТРИИ В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ	
Тлегенова Л.В.	204
МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ ИНТЕГРИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ СЛП НА УРОКАХ ИНФОРМАТИКИ	
Бигильдина Э.Р., Хизбуллина Р.З.	205
ПРОЦЕСС ИНТЕГРАЦИИ ФИЗИКИ И ГЕОГРАФИИ В СОВРЕМЕННОМ ШКОЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ	
Несмиянова О.В. Ягафарова З.А.	209
ACTIONRESEARCH: ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ ЗНАНИЙ В НОВЫХ СИТУАЦИЯХ	
Полякова Л.В., Ягафарова З.А.	210
ВЛИЯНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА НА КАЧЕСТВО ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ	

Сайранова Д.А., Запивахина М.Н. ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ ТЕКСТОВЫХ ЗАДАЧ НА СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ И СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ В 7-9 КЛАССАХ	211
Аликаева А.Б., Запивахина М.Н. МЕТОДИКА ВВЕДЕНИЯ ПОНЯТИЙ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ МАТЕМАТИКИ	212
Хурматуллина Э.Т., Запивахина М.Н. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ В 5-6 КЛАССАХ	213
Иванова А.С., Запивахина М.Н. МЕТОДЫ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ В КУРСЕ МАТЕМАТИКИ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ	214
Исланаева Е.Б., Запивахина М.Н. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ В 5-6 КЛАССАХ	215
Абдуллин А.У. О СПИРАЛЯХ В ТЕОРИИ ДИФРАКЦИИ	216
Абдуллин А.У., Акманова Г.Р. ОТ КОМПЕТЕНЦИЙ – ВПЕРЕД К ПРОШЛОМУ?	217
Дашкина М.Э., Запивахина М.Н. МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ОСНОВЕ ВНЕШНЕЙ МОТИВАЦИИ	218
Губаева В.П., Запивахина М.Н. МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ	219
Рогозникова Д.И., Запивахина М.Н. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ В 7-9 КЛАССАХ	221
Нургалина К.Г., Запивахина М.Н. ИГРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ	222
Анкудинова А.Н., Запивахина М.Н. КОГНИТИВНАЯ ГРАФИКА	223
Минилбасва С.К., Запивахина М.Н. ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ	224
Северцов С.А., Вильданова В.Ф. К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ	226
Ахметова Г.Ю., Запивахина М.Н. ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ	227

Виноградова А.Д., Запивахина М.Н. НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ: ЕГО СУЩНОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ. КЛАССИФИКАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	228
Хажин Ю.Р., Запивахина М.Н. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ	229
Колокольникова Д.В, Бигаева Л.А. ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНАТОРИКИ И ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ РЕШЕНИИ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧ	230
Хайбрахманова Л.Н., Запивахина М.Н. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ	231
Имамова Э.Р. ,Запивахина М.Н. НАГЛЯДНОСТЬ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКИ И ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ	23
Садрисламов М.Ф., Бигаева Л.А. ТЕОРИЯ ГРАФОВ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ МАТЕМАТИКИ	233
Сафагариев Д.М., Запивахина М.Н. МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ СЮЖЕТНЫХ ЗАДАЧ В КУРСЕ МАТЕМАТИКИ 5-6 КЛАССОВ	234
Мелконян А.А., Запивахина М.Н. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ 10-11 КЛАССЫ	235
Гурьянов В.А. МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НА ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	236
Миннеханова В.В., Запивахина М.Н. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ	238
Ахметзянова Э.Р., Фатыхов М.А. ВЛИЯНИЕ МОТИВАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИКИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА	239
Гафарова К.Р., Хуснуллин И.Х. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ	241
Гафарова К.Р. ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФИЗИКЕ СРЕДСТВАМИ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ	243
Арсланбекова С.А., Зиянгирова С.Р., Сахибгараев Б.А., Токарев Р.И. ДИДАКТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	245

Дик Е.Н., Зарипов Р.Р., Камильянов М.Р., Яппаров А.А.	246
ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ ЗНАНИЙ В СИСТЕМЕ «МАТЕМАТИКА-ПРОФИЛЬНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ»	
Исланаева Е.Б., Бигаева Л.А.	247
ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ЧИСЕЛ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ МАТЕМАТИКИ	
Заманова Г.И., Турбин А.Д.	248
ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПРОВЕДЕНИЯ НА ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ	
Хурматуллина Э.Т., Бигаева Л.А.	250
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОИЗВОДНОЙ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ МАТЕМАТИКИ	
Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р.	251
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА КАК ПРОЕКТ	
Кныш А.А.	252
ПРИМЕР ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ	
Конопля В.М., Филякова О.В.	255
РЕАЛИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА НА УРОКАХ	
Шафеев Р.Р., Заманова Г.И.	256
ОБ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ	
Габдрахманова Л.А., Закирьянов Ф.К.	257
О НЕКОТОРЫХ ПОСЛЕДСТВИЯХ РЕФОРМ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ФТИ БАШГУ	
Усманова Р.Р.	259
ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ НА ПОЗНАВАТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА УРОКАХ ПО ФИЗИКЕ	

СЕКЦИЯ «ДИЗАЙН ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Шарафуллин И.Ф., Самигуллина А.И.	261
ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ФРУСТРИРОВАННОЙ АНТИФЕРРОМАГНИТНОЙ ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЕТКЕ	
Канбеков Р.Р., Магадеев Е.Б., Вахитов Р.М.	263
ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНЫХ СТРУКТУР В ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПЛЕНКАХ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНОЙ ОБРАЗЦА	

Казаков А.М., Шарапова Ю.Р., Бабичева Р.И., Дмитриев С.В., Корзникова Е.А.	264
МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ТОРМОЖЕНИЯ ДИСЛОКАЦИЙ ПОРАМИ В ВОЛЬФРАМЕ	
Брызгалов В.А., Дмитриев С.В.	266
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В КРИСТАЛЛЕ	
Вахитов Р.М., Ильясова Г.Ф., Солонецкий Р.В.	268
УСТОЙЧИВЫЕ СОСТОЯНИЯ $k\pi$ -СКИРМИОНОВ В ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ С ПРОСТРАНСТВЕННО- МОДУЛИРОВАННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ	
Низямова А.Р., Вахитов Р.М., Солонецкий Р.В.	270
ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МАГНИТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В МАГНИТООДНООСНЫХ ПЛЕНКАХ С ФЛЕКСОМАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ	
Баймухаметова З.А., Вахитов Р.М., Солонецкий Р.В.	272
ФЛЕКСОМАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ПЛЕНКАХ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ С ОРИЕНТАЦИЕЙ (001)	
Галиева Э.В., Габбасов Р.Р., Валитов В.А.	274
ФОРМИРОВАНИЕ ТВЕРДОФАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ РАЗНОИМЕННЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ ДЕФОРМИРУЕМЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	
Закирьянов Ф.К.	275
НОВАЯ УГЛОВАЯ МОДЕЛЬ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ДНК	

**СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В ПОПУЛЯЦИОННОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ ГЕНЕТИКЕ»**

Суфьянова З.Р., Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Халикова А.А., Хуснутдинова Э.К.	276
АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА RS657152 ГЕНА AV0 В ПОПУЛЯЦИИ ПЕРМСКИХ БАШКИР	
Джаубермезов М.А., Габидуллина Л.Р., Екомасова Н.В., Чагаров О.С., Атабиев Б.Х., Хуснутдинова Э.К.	278
ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСТАНКОВ АЛАНСКОГО ПЕРИОДА С ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА	
Зинин А.С., Прокофьева Д.С., Мингажева Э.Т., Валова Я.В., Нургалиева А.Х., Екомасова Н.В., Хуснутдинова Э.К.	279
РАК ЯИЧНИКА, ИНДУЦИРОВАННЫЙ ПОЛИМОРФНЫМИ ЛОКУСАМИ RS25487/XRCC1 И RS1799782/XRCC1	

- Валова Я.В., Мингажева Э.Т., Прокофьева Д.С., Рожкова Е.А., Кильчурина А.А., Нургалиева А.Х., Екомасова Н.В., Хуснутдинова Э.К.** 281
 ПОИСК АССОЦИАЦИИ ПОЛИМОРФНОГО ЛОКУСА RS11174204 ГЕНА *TAF2* С РИСКОМ РАЗВИТИЯ РАКА ЯИЧНИКОВ
- Суфьянова А.Р., Прокофьева Д.С., Мингажева Э.Т., Валова Я.В., Нургалиева А.Х., Екомасова Н.В., Хуснутдинова Э.К.** 283
 ВКЛАД ПОЛИМОРФНОГО ЛОКУСА RS2243250 ГЕНА *IL4* В РАЗВИТИЕ РАКА ЯИЧНИКОВ
- Андреева Е.А., Прокофьева Д.С., Мингажева Э.Т., Валова Я.В., Зинин А.С., Нургалиева А.Х., Екомасова Н.В., Хуснутдинова Э.К.** 285
 ВКЛАД НОВОГО ВАРИАНТА C.3968A>G ГЕНА *BRCA2* В ПАТОГЕНЕЗ РАКА ЯИЧНИКОВ
- Низамова А.Р., Гималова Г.Ф., Абдуллин З.С., Хуснутдинова Э.К.** 287
 МУТАЦИЯ C.1100DELC ГЕНА *СНЕК2* У БОЛЬНЫХ МЕЛКОКЛЕТОЧНЫМ РАКОМ ЛЕГКОГО
- Федорова Ю.Ю., Мурзина Р.Р., Псянчина Р.М., Ибрагимова В.В., Бариева Э.Р., Бариева Р.Р., Григорьева А.А., Гатиятуллин Р.Ф.** 290
 ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБИОТЫ В КРОВИ МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ МИКРОБНЫХ МАРКЕРОВ У ДЕТЕЙ С СИНДРОМОМ РАЗДРАЖЕННОГО КИШЕЧНИКА
- Равчеева Д.Р., Ниценко Н.Н., Муллаянова И.Р., Надыршина Д.Д., Хусаинова Р.И.** 291
 МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИАГНОСТИКА СИНДРОМА ЭЛЕРСА ДАНЛОСА
- Надыршина Д.Д., Саетова Э.Ф., Шаяхметова А.И., Тукташева Р.Р., Хусаинова Р.И.** 292
 МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕСОВЕРШЕННОГО ОСТЕОГЕНЕЗА
- Ващенко В.И., Нургалиева А.Х.** 293
 ПОИСК МУТАЦИЙ ГЕНА *PIK3CA* У БОЛЬНЫХ РАКОМ ЖЕЛУДКА ИЗ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
- Масалимова М.Д., Нургалиева А.Х.** 294
 АНАЛИЗ РОЛИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ВАРИАНТА C.1320+1G>A ГЕНА *CDH1* В РАЗВИТИИ РАКА ЖЕЛУДКА
- Гареева Э.И., Нургалиева А.Х.** 295
 СКРИНИНГ ПАТОГЕННЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ 4153delA И 5382insC В ГЕНЕ *BRCA1* У БОЛЬНЫХ РАКОМ

ЖЕЛУДКА И ЗДОРОВЫХ ДОНОРОВ ИЗ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	
Мустафин С.А., Нургалиева А.Х.	296
АНАЛИЗ АССОЦИАЦИЙ ПОЛИМОРФНОГО ЛОКУСА rs28362491 ГЕНА NFKB1 С РИСКОМ РАЗВИТИЯ РАКА ЖЕЛУДКА	
Шаехова Н.Р., Нургалиева А.Х.	297
СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАКА ЖЕЛУДКА	
Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Хуснутдинова Э.К.	298
АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ rs7412 и rs429358 ГЕНА APOE В ПОПУЛЯЦИЯХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ	
Екомасова Н.В., Прокофьева Д.С., Нургалиева А.Х., Джаубермезов М.А., Хуснутдинова Э.К.	300
ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАТОГЕННЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ГЕНОВ-КАНДИДАТОВ НАСЛЕДСТВЕННОГО РАКА ЯИЧНИКОВ И МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В ПОПУЛЯЦИЯХ КАВКАЗА	
Нургалиева А.Х., Петрова С.Г., Галлямова Л.Ф., Хуснутдинова Э.К.	301
ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАРКЕРОВ АДЕНОКАРЦИНОМЫ ЖЕЛУДКА НА ОСНОВЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО И БИОИНФОРМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	
Квашнина Е.О., Корнилов В.М.	302
ТРАНСПОРТ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ТОНКИХ ДОПИРОВАННЫХ ПЛЕНКАХ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА	

Научное издание

**ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА
И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ:
спутник Международной научной конференции
«Уфимская осенняя математическая школа-2022»**

*Тезисы докладов
XIII Международной школы-конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвященной 50-летию образования математического
и физического факультетов БашГУ
(г. Уфа, 19 – 22 октября 2022 г.)*

*За достоверность информации, изложенной в статьях,
ответственность несут авторы.*

*Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 021319 от 05.01.99 г.*

Подписано в печать 14.10.2022 г. Формат 60x84/16.

Усл.печ. л. 18,52. Уч.-изд. л. 19,32.

Тираж 300 экз. Изд. № 99. Заказ 643.

*Редакционно-издательский центр
Башкирского государственного университета
450076, РБ, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.*

*Отпечатано на множительном участке
Башкирского государственного университета
450076, РБ, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.*