

СЕКЦИЯ 16

«ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНО- ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|------|
| ВЛИЯНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ НА КИНЕТИКУ АГРЕГАЦИИ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ Алиджанов Э.К., канд. физ.-мат. наук, Лантух Ю.Д., канд. физ.-мат. наук, доцент, Раздобреев Д.А., канд. хим. наук | 3299 |
| СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ МЕТОДОМ «ЗЕЛЕНОГО» СИНТЕЗА Атакова Д.В..... | 3303 |
| БЕЗЫЗЛУЧАТЕЛЬНЫЕ И РАДИАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В КЛАСТЕРЕ «КВАНТОВАЯ ТОЧКА – СФЕРОИДАЛЬНАЯ НАНОЧАСТИЦА» Багаутдинова Р.Р., Налбандян В.М., канд. физ.-мат. наук, доцент, Кучеренко М.Г., д-р физ.-мат. наук, профессор | 3306 |
| АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА» В УНИВЕРСИТЕТСКОМ ОБРАЗОВАНИИ Белокопытова О.Г., канд. пед. наук | 3313 |
| КИНЕТИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ ДНК Воробай Э.А.М. | 3317 |
| МОДУЛЯЦИОННАЯ МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ПОЛУПРОВОДНИКА Герцен М.А. .. | 3321 |
| ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРИРОДНЫХ СИСТЕМАХ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ Говорова В.Д., Стрекаловская А.Д., канд. биол. наук, доцент Шаманская Е.В. | 3326 |
| МЕДИЦИНСКИЕ ФАНТОМЫ - ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ МЕЖВУЗОВСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОГУ И ОРГМУ Говорова В.Д., Минакова В.К., Стрекаловская А.Д., канд. биол. наук, доцент..... | 3329 |
| ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК И ПЛАЗМОННЫХ НАНОЧАСТИЦ Дуев Д. В. | 3333 |
| СВОЙСТВА КОМПОЗИТА WC-Co, СОЗДАВАЕМОГО ДЕФОРМАЦИЕЙ СДВИГА ПОД ДАВЛЕНИЕМ Жалнин Д. Д..... | 3337 |
| СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСЧЁТА ХАРАКТЕРИСТИК ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ПРИМЕРЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (ГЭ) И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (ТЭ) Жарикова М.Н. ¹ , Знатдинов В.Р. ^{1,2} , Милейшев А.К. ¹ , | 3341 |
| СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ УДАРНЫХ ВОЛН И АНТИБИОТИКОВ НА БАКТЕРИИ <i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i> В БИОПЛЕНКАХ Ишемгулов А.Т., канд. физ.-мат. наук, Летута С.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор, Давыдова О.К., канд. биол. наук, доцент, Григорьев М.Е. | 3344 |
| СИНТЕЗ КОМПОЗИТА WC-Co МЕТОДОМ ДЕФОРМАЦИИ СДВИГА ПОД ДАВЛЕНИЕМ Королев Н.В..... | 3348 |

| | |
|--|------|
| ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ ШКОЛЬНОГО, ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО И ВУЗОВСКОГО ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТА-БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА ПО ФИЗИКЕ Кучеренко М.А., канд. пед. наук, Огерчук А.А., канд. пед. наук | 3353 |
| МАГНИТНЫЙ ЭФФЕКТ В АННИГИЛЯЦИИ ТРИПЛЕТНЫХ ЭКСИТОНОВ СФЕРИЧЕСКОГО НАНОКРИСТАЛЛА С АДСОРБИРОВАННОЙ ПОЛИМЕРНОЙ ЦЕПЬЮ Кучеренко М.Г., д-р физ.-мат. наук, профессор, Пеньков С.А., канд. физ.-мат. наук | 3359 |
| СЛОИСТЫЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ СПАЗЕР С ПЛАЗМОННОЙ ОБОЛОЧКОЙ-РЕЗОНАТОРОМ: КЛАССИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ Кучеренко М.Г., д-р физ.-мат. наук, профессор, Мушин Ф.Ю., Чмерева Т.М., д-р физ.-мат. наук, доцент | 3368 |
| УПРАВЛЯЕМОЕ СТИРАНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ФОТОХРОМНОМ МАТЕРИАЛЕ НА ОСНОВЕ БАКТЕРИОРОДОПСИНА Лантух Ю.Д., канд. физ.-мат. наук, доцент, Алиджанов Э.К., канд. физ.-мат. наук, Раздобреев Д.А., канд. хим. наук..... | 3375 |
| ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ОДНОРОДНОГО КУБА Макаров В.Н. ¹ , канд. физ.-мат. наук, Шлейгер Л.А. ² , Карасев А.А. ³ | 3379 |
| МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ СВЯЗИ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ОСНОВАМ АСТРОНОМИИ Макаров В.Н., канд. физ.-мат. наук..... | 3384 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАБОТЕ С МЕДИЦИНСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ И МЕДИЦИНЕ Максимов Д.В..... | 3387 |
| РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА Максимов Д.В. | 3391 |
| ВЛИЯНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ, ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ И ПРОВОДЯЩИХ НАНОЧАСТИЦ НА ГЕНЕРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВОДНОГО РАСТВОРА РОДАМИНА 6Ж Налбандян В.М., канд. физ.-мат. наук, доцент, Алимбеков И.Р. | 3395 |
| РОЛЬ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ Огерчук А.А., канд. пед. наук, Анисина И.Н., канд. техн. наук, доцент, Пискарёва Т.И., канд. техн. наук | 3401 |
| ДИСЦИПЛИНА «ФИЗИКА» КАК НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ» Пискарёва Т.И., канд. техн. наук, Анисина И.Н., канд. техн. наук..... | 3405 |
| ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА С РАЗЛИЧНЫМ ЗНАКОМ ЗАРЯДА С ПОЛИМЕРНЫМИ МОЛЕКУЛАМИ Русинов А.П., канд. физ.-мат. наук, доцент..... | 3408 |
| К ВОПРОСУ О СВЯЗЯХ МЕЖДУ ЗАДАЧАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОБРАЗЦА ИЗ ГЛИНИСТОГО МИНЕРАЛА И | |

| | |
|--|------|
| МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ СПИНОВЫХ СОСТОЯНИЙ ПАРАМАГНИТНЫХ ИОНОВ В КЕРАМИЧЕСКОМ МАТЕРИАЛЕ С УЧЕТОМ ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОПЕРАЦИЙ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ Садыков А.Р..... | 3413 |
| ФИЗИКА И КРЕАТИВ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ Садыкова А.Ю., канд. физ.-мат. наук, доцент..... | 3416 |
| ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ Ткачева И.А., канд. пед. наук | 3421 |
| УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ Цветкова Е.В., Манаков Н.А., д-р физ.-мат. наук, профессор | 3425 |
| ПАРАМЕТРЫ «КРИСТАЛЛИЧНОСТИ» ПРИРОДНОГО КАОЛИНИТА С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ИЗОМОРФИЗМА Четверикова А.Г., канд. физ.-мат. наук, доцент | 3428 |
| СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПРИЕМА ЛЕКАРСТВ Широков С.С. | 3433 |
| ФАКТОРЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ У СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ, А ТАКЖЕ ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ Якупов Г.С. | 3438 |

ВЛИЯНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ НА КИНЕТИКУ АГРЕГАЦИИ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

Алиджанов Э.К., канд. физ.-мат. наук,
Лантух Ю.Д., канд. физ.-мат. наук, доцент,
Раздобреев Д.А., канд. хим. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Агрегация - одно из наиболее интересных и важных явлений, которое имеет место в коллоидных суспензиях. Большое внимание исследователи уделяют как экспериментальному изучению основных особенностей процессов агрегации, так и их компьютерному моделированию [1,2].

В работе [3] была показана возможность определения константы скорости агрегации кластеров в коллоидных растворах на основе результатов измерений временной эволюции интенсивности светорассеяния и величины гидродинамического радиуса кластеров. Предлагаемая методика основывается на подходе масштабирования с использованием концепции фрактальной размерности кластеров [4]. Определение фрактальной размерности кластеров в растворах на различных этапах их агрегации проводится на основе анализа угловых и концентрационных зависимостей светорассеяния растворов [5]. При реализации методики для раствора эндодральных фуллеренов (La@C_{82}) [6] предполагалось, что фрактальная размерность кластеров остается неизменной на всех этапах их агрегации.

В настоящей работе проводится оценка влияния небольших вариаций величины фрактальной размерности кластеров, в процессе их коагуляции, на константу скорости агрегации.

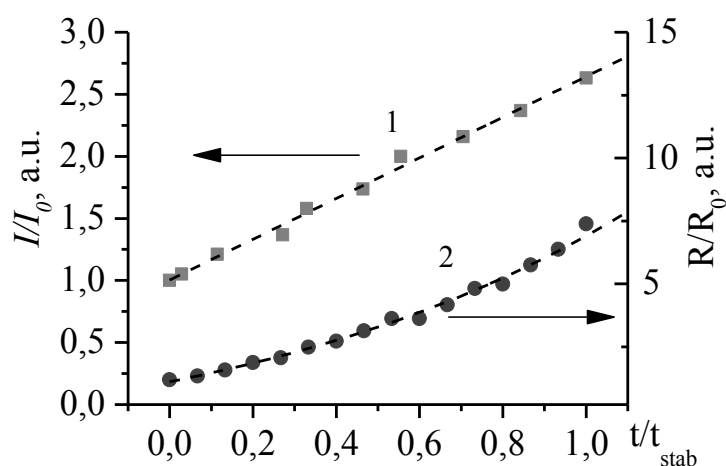


Рисунок 1 (1) – Кинетика изменения интенсивности светорассеяния ДМФА раствора ЭМФ в процессе коагуляции (левая ось). (2) – Кинетика изменения величины гидродинамического радиуса ЭМФ кластеров (правая ось). $R_0 = 100 \text{ nm}$, $t_{stab} = 3400 \text{ s}$;

Будем использовать экспериментальные данные, полученные в работе [6].

На рисунке 1 приведены результаты измерений кинетики интенсивности светорассеяния ДМФА раствора эндодральных металлофуллеренов (ЭМФ) в процессе коагуляции $I(t)$ и кинетики изменения величины гидродинамического радиуса ЭМФ кластеров $R(t)$.

В работе [6] было показано, что кинетика изменения концентрации ЭМФ кластеров N_k в растворе может быть определена по следующему соотношению:

$$N_k(t) = \frac{I(t)}{I_{\max}} N_0 \left(\frac{R(t)}{a} \right)^{-D_f}, \quad (1)$$

здесь I_{\max} и $I(t)$ – максимальное и текущее значение интенсивности светорассеяния, N_0 – концентрация молекул ЭМФ в растворе, $R(t)$ текущее значение радиуса ЭМФ кластеров, $a = 0,8$ нм – эффективный радиус ЭМФ молекулы, D_f – фрактальная размерность кластеров. На основе анализа угловых зависимостей светорассеяния ЭМФ растворов было установлено, что значение фрактальной размерности варьируется в области $D_f \approx 1,9 - 2,1$. При этом для расчетов по формуле (1) использовалось усредненное значение $D_f \approx 2$.

На рисунке 2 приведены построения графиков несколько возможных моделей кинетики эволюции фрактальной размерности D_f кластеров в ДМФА раствора ЭМФ в процессе их коагуляции.

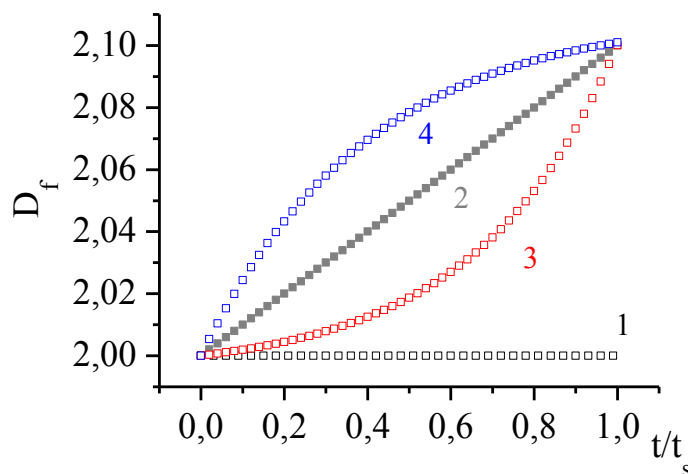


Рисунок 2 - Модели кинетики эволюции фрактальной размерности D_f кластеров в ДМФА растворе ЭМФ в процессе их коагуляции. 1- постоянное значение, 2- линейный рост, 3,4 – экспоненциальный рост

Результаты построения кинетики изменения обратной $1/N_k$ концентрации ЭМФ кластеров в ДМФА растворе в процессе их агрегации по формуле (1), с использованием четырех моделей эволюции их фрактальной размерности (рис.2) приведены на рисунке 3.

Изменение концентрации кластеров N_k для кластер – кластерной агрегации, на начальном и конечном этапах, можно описать уравнением Смолуховского следующего вида [7]:

$$\frac{dN_k}{dt} = k_{nn} N_k^2 \quad (2)$$

Решение данного кинетического уравнения можно представить в виде:

$$\frac{1}{N_k} = \frac{1}{N_k} + k_{nt}t \quad (3)$$

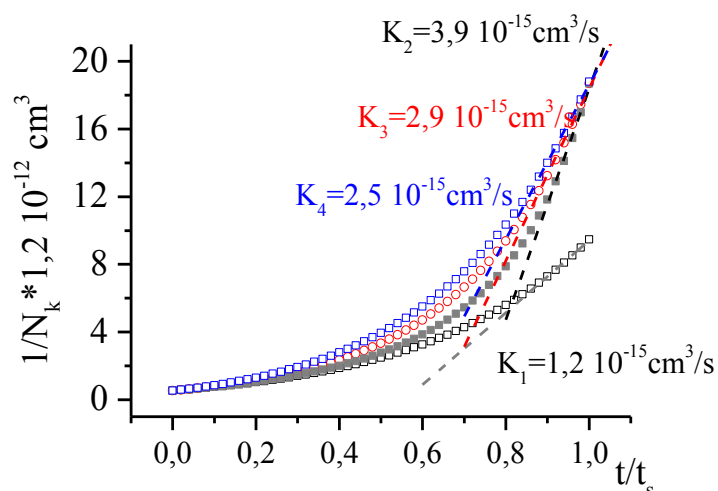


Рисунок 3 - Построение кинетики изменения концентрации ЭМФ кластеров в ДМФА растворе в процессе агрегации для четырех моделей эволюции их фрактальной размерности

Начальные и конечные участки кинетических зависимостей на рисунке 3 можно аппроксимировать линейными функциями, тангенс угла наклона которых (согласно (3)) определяет константу скорости кластер - кластерной агрегации в ЭМФ растворе.

Из рисунка 3 видно, что на начальном этапе кинетика агрегации для всех моделей эволюции D_f не различается. На конечном этапе процесса агрегации учет эволюции величины фрактальной размерности приводит к значительным различиям константы скорости агрегации.

Постоянное значение D_f - $K_1 = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ см}^3/\text{с}$; линейный рост D_f - $K_2 = 3,9 \cdot 10^{-15} \text{ см}^3/\text{с}$; экспоненциальный рост D_f - $K_{3,4} = 2,9-2,5 \cdot 10^{-15} \text{ см}^3/\text{с}$.

Таким образом показано, что незначительное $\Delta D_f \approx 0,1$ изменение фрактальной размерности кластеров в процессе их агрегации может существенным образом влиять на скорость агрегации.

Список литературы

1. Lin M.Y., Lindsay H.M., Weitz D.A., Ball R.C., Klein R., Meakin P., Universal reaction-limited colloid aggregation. //Phys. Rev. A. 1990. V. 41. p. 2005–2020
2. Huang Z., Zhang Q., Whatmore R.W., Studies of Lead Zirconate Titanate Sol Aging Part II: Particle Growth Mechanisms and Kinetics // J. Sol–Gel Sci. Technol. 2002. V.24. p. 49–55.
3. E.K. Alidzhanov, S.N. Letuta, Y.D Lantukh, D. A. Razdobreev. Monitoring of Aggregation Kinetics of Colloidal Systems by Light Scattering Methods.// Colloid J., 2024, 86, p. 829–835.
4. C.M. Sorensen. Light Scattering by Fractal Aggregates: A Review// Aerosol Science and Technology, 2001, V.35, Issue 2, p.648- 687.
5. В.И.Ролдугин . Свойства фрактальных дисперсионных систем.//Успехи

химии, 2003, 72 (11), с. 1027-1054.

6. Э.К. Алиджанов, И.Е. Кареев, В.П. Бубнов, А.И. Котов, С.Н. Летута, Ю.Д. Лантух, Д.А. Раздобреев. Кинетика самосборки кластеров эндоэдральных металлофуллеренов в полярном растворителе // Физика твердого тела, 2023, том 65, вып. 9, с. 1618-1625.

7. John Gregory. Monitoring particle aggregation processes // Advances in Colloid and Interface Science, 2009. V. 147–148. p. 109–123.

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ МЕТОДОМ «ЗЕЛЕНОГО» СИНТЕЗА

Атакова Д.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В данной статье рассматриваются уникальные свойства наночастиц меди и их перспективное применение, а также представлен экологически чистый метод «зелёного» синтеза. Описаны механизмы и основные этапы этого метода, использующие биологические агенты для восстановления и стабилизации наночастиц.

Ключевые слова: медь, наночастицы, зеленый синтез.

Ультрадисперсные частицы (УДЧ), или наночастицы, размером от 1 до 100 нанометров, привлекают огромное внимание научного сообщества благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам. Эти свойства обусловлены их малым размером и высокой удельной поверхностью, что делает их перспективными материалами для различных областей применения.

В сфере нанотехнологий медь вызывает повышенный интерес у научного сообщества, особенно в контексте создания наноматериалов. Для данного элемента характерны такие качества, отличающие ее от более дорогих материалов, таких как серебро и золото: доступная цена, электропроводность. Медь характеризуется также выраженными биологическими свойствами, включая ранозаживляющее и противомикробное действие. По сравнению с другими формами меди, медьсодержащие наночастицы (НЧ) обладают увеличенной площадью поверхности и уникальным кристаллическим строением. Наночастицы меди демонстрируют выраженные отличия в механических характеристиках и химических реакциях. В частности, прочность наномеди в три раза выше, чем у обычной меди, и реакция наномеди с кислородом происходит значительно легче и быстрее по сравнению с обычной медью [1].

«Зелёный» синтез представляет собой экологически чистый, экономичный и масштабируемый подход к производству УДЧ, основанный на применении биологических систем и природных ресурсов. В основе этого метода лежит использование растений, микроорганизмов (бактерий, грибов, дрожжей) и биологических молекул (ферментов, белков, полисахаридов) в качестве агентов, способствующих восстановлению и стабилизации наночастиц. «Зелёный» синтез УДЧ обладает рядом преимуществ перед традиционными методами, включая снижение токсичности, использование возобновляемых ресурсов, снижение энергопотребления и стоимости, а также возможность получения наночастиц с контролируруемыми характеристиками.

Механизмы зелёного синтеза УДЧ сложны и разнообразны и зависят от конкретных биологических агентов и условий процесса. Однако в общих чертах

можно выделить несколько ключевых этапов (рис.1).

1. Фаза активации, где происходит восстановление ионов металла.
2. Фаза роста, в течение которой происходит формирование наночастиц за счёт гетерогенной нуклеации и роста, что сопровождается увеличением термодинамической стабильности наночастиц.
3. Фаза терминации процесса, определяющая окончательную форму наночастиц [2].

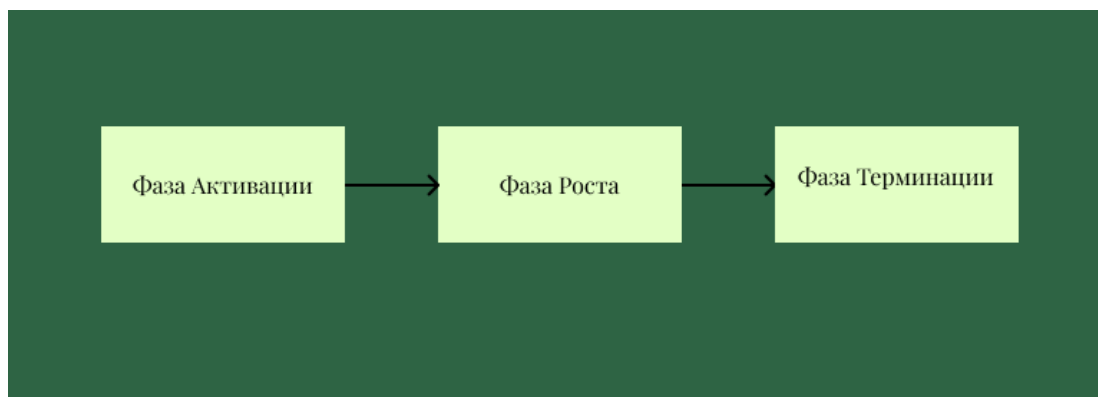


Рисунок 1 - Этапы зеленого синтеза

Растительные экстракты: экстракты из листьев, стеблей, корней и других частей растений содержат фитохимические соединения (полифенолы, флавоноиды, терпеноиды и др.), которые способны восстанавливать ионы металлов (например, Au^{3+} , Ag^+ , Pd^{2+}) до металлических наночастиц (рис. 2).



Рисунок 2 - Типы растительных метаболитов, участвующих в синтезе металлических наночастиц

Эти соединения играют роль восстановителей и стабилизаторов,

предотвращая агрегацию наночастиц. Механизм восстановления включает перенос электронов от фитохимических соединений к ионам металлов, что приводит к образованию нейтральных атомов и их последующей агрегации в наночастицы.

Микроорганизмы: бактерии, грибы и дрожжи способны синтезировать внутри- и внеклеточные ферменты, которые катализируют восстановление ионов металлов. Некоторые микроорганизмы, такие как *Pseudomonas aeruginosa* и *Bacillus subtilis*, обладают высокой способностью накапливать ионы металлов, что способствует образованию наночастиц.

Восстановление ионов металлов с помощью фитохимических веществ, присутствующих в экстрактах листьев растений, происходит значительно быстрее, чем с помощью грибов и бактерий, которые требуют более длительного времени инкубации [3].

Список литературы

1. Дуань Ж.Ж., Ерофеева Г.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВА МЕДИ И НАНО-МЕДИ // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 1. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=11955>
2. Макаров В.В. «Зеленые» нанотехнологии синтеза металлических наночастиц с использованием растений // Молекулярная биология.- 2014. - №1 [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://actanaturae.ru>
3. Джа А.К., Прасад К., Кумар В., Прасад К. Биосинтез наночастиц серебра с использованием листьев эклипты. *Biotechnol Prog.* 2009;25:1476–9. <https://doi.org/10.1002/btpr.233>

БЕЗЫЗЛУЧАТЕЛЬНЫЕ И РАДИАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В КЛАСТЕРЕ «КВАНТОВАЯ ТОЧКА – СФЕРОИДАЛЬНАЯ НАНОЧАСТИЦА»

Багаутдинова Р.Р.,
Налбандян В.М., канд. физ.-мат. наук, доцент,
Кучеренко М.Г., д-р физ.-мат. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Исследование оптических свойств гибридных наноструктур представляет интерес в разработке биосенсоров для обнаружения биомаркеров, токсинов и патогенов, имеющих отношение к медицине. Металлические наночастицы (НЧ) и их кластеры могут существенно изменять радиационные характеристики близкорасположенных квантовых точек (КТ) в результате экситон-плазмонного взаимодействия. Эффективность плазмонного влияния зависит от геометрической конфигурации системы, а также внешнего магнитного поля, способного изменять поляризационные характеристики проводящей частицы.

В данной работе рассмотрен двухчастичный кластер, образованный из экситон-активированной КТ и сфероидальной плазмонной НЧ. Во внешнем магнитном поле индукции \mathbf{B} электронная плазма металла приобретает анизотропные свойства, и диэлектрическая проницаемость проводящей НЧ становится тензором второго ранга $\varepsilon(\omega) \rightarrow \vec{\varepsilon}_1(\omega|\mathbf{B})$ [1]. Диэлектрическая проницаемость ε_{QD} КТ принималась постоянной в области частот экситонного перехода. Окружающая среда предполагается прозрачной на экситонных частотах и характеризуется диэлектрической проницаемостью ε_2 .

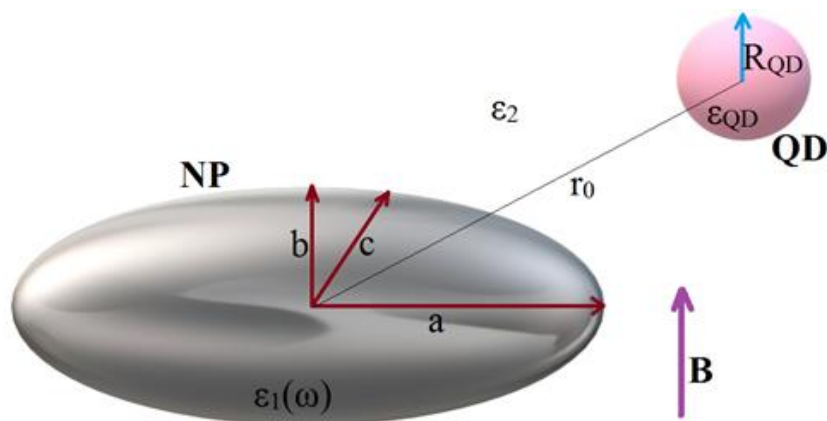


Рисунок 1 – Геометрическая конфигурация системы «плазмонная НЧ – КТ» в магнитном поле

При вращении эллипса вокруг большой оси образуются вытянутые сфероиды, для которых $a \neq b = c$ и $n_2 = n_3 = \frac{1}{3}$. Выражение для зависимости

фактора деполаризации сфероида n_1 от эксцентриситета e в случае вытянутых сфероидов имеют следующий вид [2]:

$$n_1 = \frac{1-e^2}{e^2} \left(-1 + \frac{1}{2e} \ln \frac{1+e}{1-e} \right), \quad (1)$$

где $e^2 = 1 - \frac{b^2}{a^2}$, a, b – главные полуоси сфероида.

Кроме диэлектрической проницаемости $\vec{\epsilon}(\omega|\mathbf{B})$, тензором второго ранга становится и дипольная динамическая электрическая поляризуемость $\vec{\alpha}(\omega|\mathbf{B})$ сфероидальной НЧ с замагниченной электронной плазмой металла [3]:

$$\vec{\alpha}(\omega|\mathbf{B}) = \frac{ab^2}{3} [\vec{\epsilon}_1(\omega|\mathbf{B}) - \epsilon_2 \vec{\mathbf{I}}] [\epsilon_2 (\vec{\mathbf{I}} - \vec{\mathbf{n}}) + \vec{\mathbf{n}} \vec{\epsilon}_1(\omega|\mathbf{B})]^{-1}, \quad (2)$$

где $\vec{\mathbf{n}}$ – тензор деполаризации сфероида.

Выражение для скорости $w_{sp}(\omega|\mathbf{B}, r_0)$ спонтанного рекомбинационного свечения КТ, расположенной вблизи НЧ, на расстоянии r_0 от ее центра принимает следующий вид [4]:

$$w_{sp}(\omega|\mathbf{B}, r_0) = \frac{4}{3} \frac{\omega^3}{\hbar c^3} |[\vec{\mathbf{I}} + \vec{\mathbf{G}}(r_0) \vec{\alpha}(\omega|\mathbf{B})] \mathbf{p}|^2, \quad (3)$$

где $\vec{\mathbf{I}}$ – единичная диада, $R_{QD} = R_C + \Delta$ – радиус квантовой точки, $\vec{\mathbf{G}}(r_0) = r_0^{-3} (3\mathbf{n} \otimes \mathbf{n} - \vec{\mathbf{I}})$ – квазистатическая диадическая функция Грина точечного дипольного источника [4].

Скорость $U(\omega|\mathbf{B}, r_0)$ безызлучательной передачи энергии от КТ к НЧ с поляризуемостью $\vec{\alpha}(\omega|\mathbf{B})$ может быть представлена, как [5]:

$$U(\omega|\mathbf{B}, r_0) = \frac{1}{2\hbar} \text{Im} [\mathbf{p} \vec{\mathbf{G}}(r_0) \vec{\alpha}(\omega|\mathbf{B}) \vec{\mathbf{G}}(r_0) \mathbf{p}]. \quad (4)$$

Спектральная плотность N числа фотонов, испущенных объединенной системой «КТ-НЧ» на частоте ω , определяется по формуле [1]:

$$N(\omega|\mathbf{B}, r_0) = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{w_{sp}^2(\omega|\mathbf{B}, r_0) \Gamma(\omega|\mathbf{B}, r_0)}{(\omega - \omega_{if})^2 + \Gamma^2(\omega|\mathbf{B}, r_0)}, \quad (5)$$

где ω_{if} – резонансная частота лоренцева контура полосы люминесценции, функция $\Gamma(\omega|\mathbf{B}, r_0) = w_{sp}(\omega|\mathbf{B}, r_0) + U(\omega|\mathbf{B}, r_0) + K$ спектральной ширины лоренцевой линии, K – скорость безызлучательного распада возбужденной КТ в отсутствие НЧ.

В результате проведенных расчетов на основе формул (2)-(5) были построены и проанализированы спектральные зависимости скорости переноса энергии от КТ к вытянутой сфероидальной НЧ, скорости спонтанного испускания фотонов и люминесценции двухчастичного кластера «КТ – сфероидальная НЧ» с учетом и без учета магнитного поля. Также проведено исследование влияния геометрических и оптических параметров системы на

спектры люминесценции.

При расчете были использованы следующие постоянные величины: $\omega_p = 13,87 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$, $\omega_{if} = 7,7 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$, $\gamma = 1,6 \cdot 10^{14} \text{ c}^{-1}$, $B = 0$ ($B = 4 \text{ Тл}$), $a = 12 \text{ нм}$, $b = 6 \text{ нм}$, $r_0 = (a + 3) \text{ нм}$, $p = 10 \text{ Д}$, $K = 10^{13} \text{ c}^{-1}$, $\varepsilon_2 = 1,5$, значения углов для вектора \mathbf{r}_0 , соединяющего центры сфероидальной НЧ и КТ: θ , φ ; значения углов для вектора дипольного момента перехода \mathbf{p} КТ: θ_p , φ_p . В качестве вытянутых сфероидальных НЧ с выраженными плазмонными свойствами для расчетов выбирались значения параметров, типичные для такого металла как серебро.

Расчеты спектров скорости U безызлучательной передачи энергии от КТ к сфероидальной НЧ были произведены по формуле (4).

Без влияния магнитного поля вероятность в единицу времени U безызлучательного переноса энергии от КТ к НЧ в зависимости от направления дипольного момента \mathbf{p} КТ представлена на рисунках 2, 3. При направлении вектора дипольного момента \mathbf{p} под углом $\theta_p = 45^\circ$ относительно оси Z возникают две спектральные полосы на частотах $\omega \approx 6,04 \cdot 10^{15}$ и $\omega \approx 8,58 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$, как показано на рисунке 2. Если же направление вектора \mathbf{p} совпадает с направлением оси Z , т.е. угол $\theta_p = 0^\circ$, как показано на рисунке 3, спектральная полоса на частоте $\omega \approx 8,58 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$ исчезает.

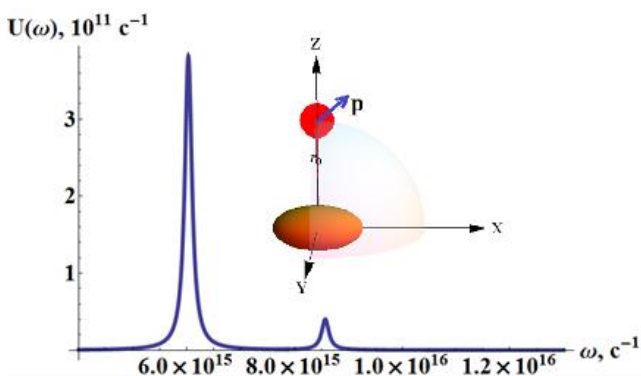


Рисунок 2 – Спектр скорости переноса энергии от КТ к сфероидальной НЧ; $\theta_p = 45^\circ$

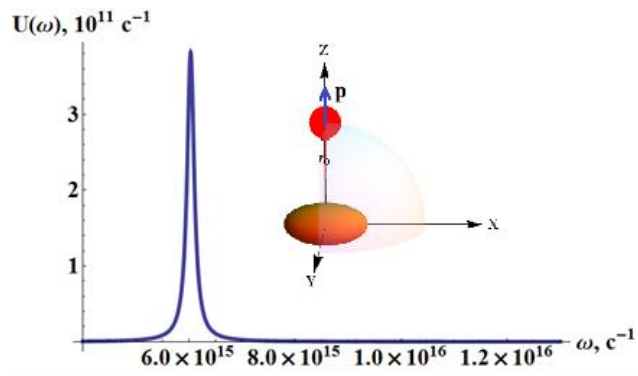


Рисунок 3 – Спектр скорости переноса энергии от КТ к сфероидальной НЧ при нормальной ориентации вектора \mathbf{p} ; $\theta_p = 0^\circ$

Эффект влияния сфероидальной НЧ на скорость w_{sp} спонтанного излучательного процесса КТ исследован на основе выражения (3). На рисунках 4, 5 показаны спектры скорости спонтанного свечения w_{sp} двухчастичного кластера в зависимости от изменения направления вектора дипольного момента \mathbf{p} . Максимум свечения в обоих случаях приходится на частоту $\omega \approx 6,04 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$ и составляет $w_{sp} \approx 1,95 \cdot 10^{11} \text{ c}^{-1}$. Однако при направлении дипольного момента \mathbf{p} под углом $\theta_p = 0^\circ$ высокочастотный резонанс при направлении диполя под углом $\theta_p = 45^\circ$ – исчезает. Как уже отмечалось выше, аналогичные спектральные особенности наблюдались и для скорости U

безызлучательного переноса энергии от КТ к НЧ. Однако можно заметить, что формы кривых для скорости U переноса и спонтанного свечения w_{sp} различаются. Как видно на рисунках 4 и 5, после значения $\omega \approx 9,93 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$, с увеличением частоты правое крыло спектра начинает подниматься, а не стремиться к нулю, как на рисунках 2 и 3. Это связано с зависимостью скорости спонтанного излучения от куба частоты $w_{sp} \sim \omega^3$.

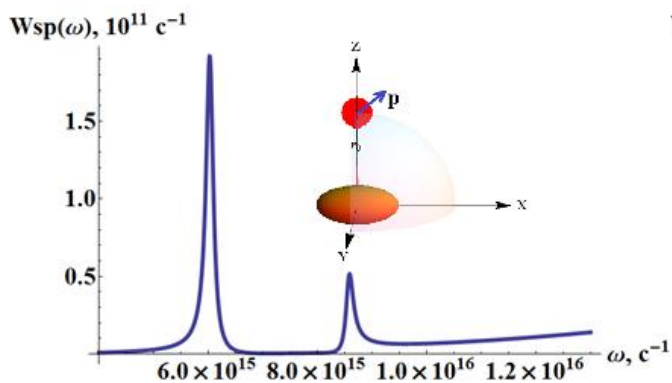


Рисунок 4 – Скорость

спонтанного свечения кластера «КТ – сфероидальная НЧ»; $\theta_p = 45^\circ$

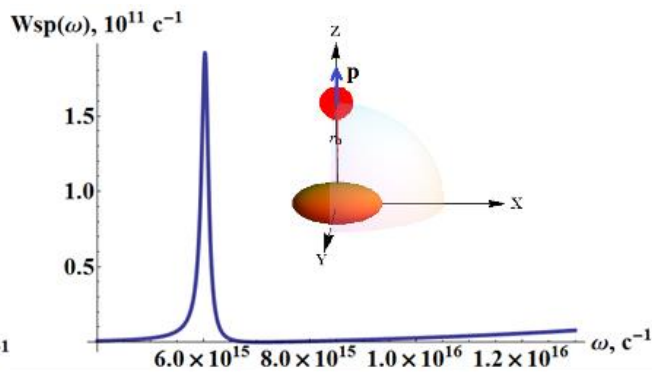
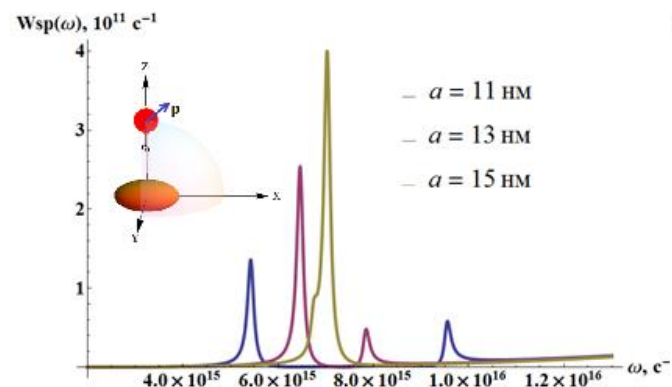


Рисунок 5 – Скорость

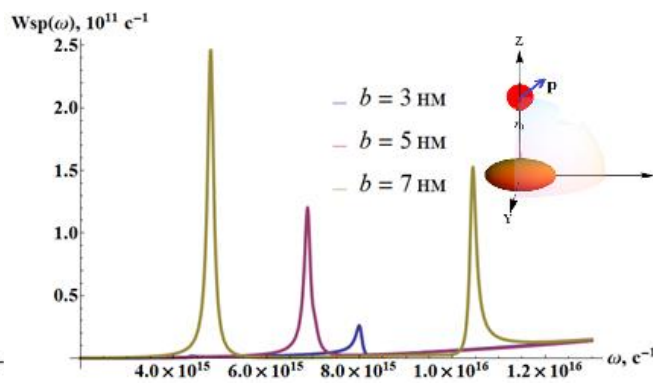
спонтанного свечения кластера «КТ – сфероидальная НЧ»; $\theta_p = 0^\circ$

Далее рассмотрено, как влияют геометрические и оптические параметры системы на радиационные процессы в кластере «КТ – сфероидальная НЧ».



а

а - изменение длины полуоси a ; б - изменение длины полуоси b



б

Рисунок 6 – Зависимость скорости спонтанного свечения кластера «КТ – сфероидальная НЧ» от длин полуосей НЧ; $\theta_p = 45^\circ$, $\varphi_p = 0^\circ$

При определенных соотношениях полуосей сфероидальной НЧ, а именно $\frac{a}{b} = \frac{15}{6}$ для главной полуоси a и $\frac{a}{b} = \frac{12}{5}$ для полуоси b , как показано на рисунках 6а и 6б соответственно, две резонансные частоты на спектре w_{sp} сначала сливаются в одну, а далее расходятся в низко- и высокочастотную области спектра.

Расчеты спектров люминесценции N были проведены по формуле (5).

Для люминесценции кластера «КТ – сфероидальная НЧ» найдено оптимальное значение $\omega_{if} = 7,7 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$, при котором хорошо наблюдаются спектральные полосы на резонансных частотах $\omega \approx 6,04 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ и $\omega \approx 8,58 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$, как показано на рисунке 7. При сдвиге ω_{if} в сторону низких частот, как показано на рисунке 8, видим усиление люминесценции в низкочастотной области и уменьшение – в высокочастотной. При совпадении частоты ω_{if} с одной из частот плазмонного резонанса наблюдалось дополнительное увеличение интенсивности плазмонной полосы на 5 порядков.

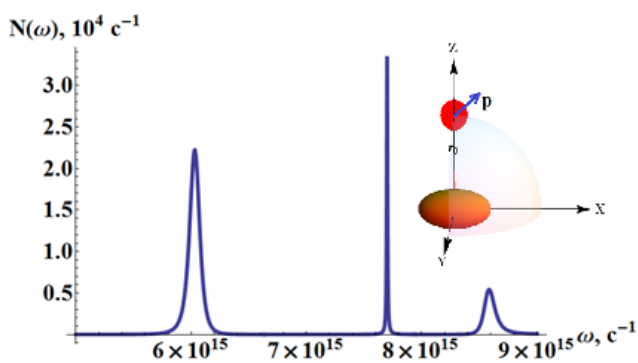


Рисунок 7 – Спектр люминесценции кластера «КТ – сфероидальная НЧ»; $\theta_p = 45^\circ$, $\varphi_p = 0^\circ$, $\omega_{if} = 7,7 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$

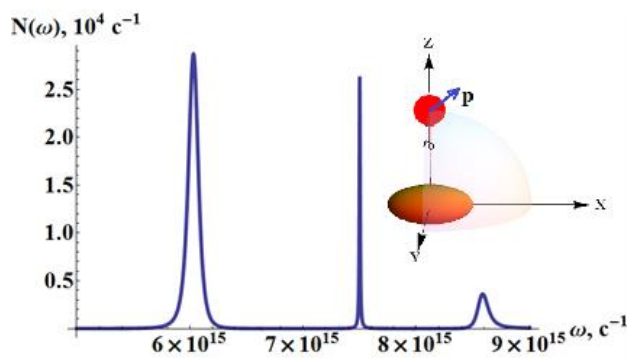


Рисунок 8 – Спектр люминесценции кластера «КТ – сфероидальная НЧ»; $\theta_p = 45^\circ$, $\varphi_p = 0^\circ$, $\omega_{if} = 7,5 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$

На рисунке 9 показано изменение спектра люминесценции N кластера при увеличении расстояния r_0 между КТ и сфероидальной НЧ. С увеличением расстояния r_0 от 10 до 15 нм амплитуды спектральных полос на всех резонансных частотах уменьшаются.

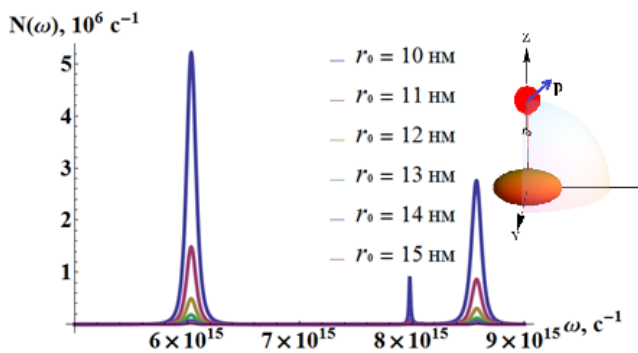


Рисунок 9 – Зависимость спектра люминесценции от расстояния между НЧ и КТ: $\theta_p = 45^\circ$, $\varphi_p = 0^\circ$, $K = 2 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$, $\omega_{if} = 7,98 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$

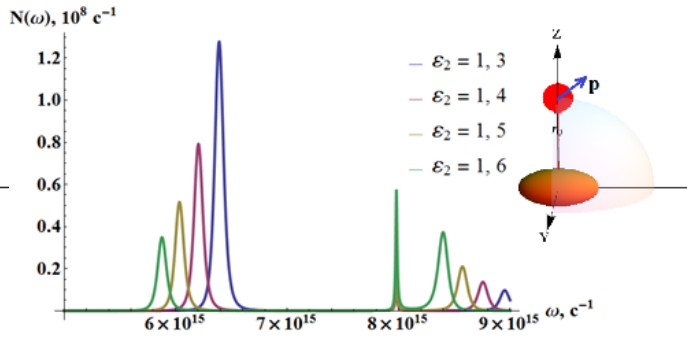


Рисунок 10 – Зависимость спектра люминесценции от диэлектрической проницаемости среды; $\theta_p = 45^\circ$, $\varphi_p = 0^\circ$, $K = 2 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$, $\omega_{if} = 7,98 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$

При увеличении диэлектрической проницаемости ϵ_2 среды, как показано на рисунке 10, наблюдается усиление люминесценции N в высокочастотной

области спектра, а в низкочастотной – уменьшение. Данное явление можно объяснить тем, что высокочастотная область отвечает за колебания плазмонов, происходящие вдоль длинной полуоси, а низкочастотная – за колебания вдоль короткой полуоси.

При увеличении значения межзонного электронного дипольного момента p перехода КТ спектр люминесценции N , как видно на рисунке 11, возрастает по амплитуде на всех трех резонансных частотах. На рисунке 12 показано, как изменение угла θ_p поворота дипольного момента p КТ приводит к изменению спектра люминесценции N системы. В том случае, когда $\theta_p = 90^\circ$, на графике наблюдаются 3 спектральные полосы. Если направить дипольный момент p под углом $\theta_p = 0^\circ$ – спектральная полоса на частоте $\omega \approx 8,58 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ пропадает. При направлении вектора диполя \mathbf{p} под углом $\theta_p = 90^\circ, \varphi_p = 90^\circ$ амплитуды пиков на обеих плазмонных частотах становятся незаметными, по сравнению с центральным пиком. Это можно объяснить тем, что КТ в данном случае хорошо излучает и без влияния НЧ.

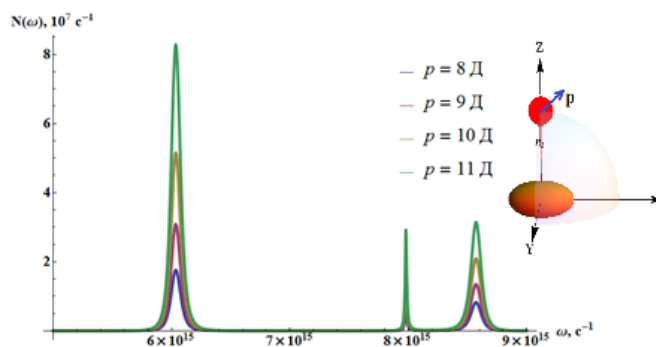


Рисунок 11 – Зависимость

спектра люминесценции от межзонного электронного дипольного момента перехода; $\theta_p = 45^\circ, \varphi_p = 0^\circ, K = 2 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}, \omega_{if} = 7,98 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$

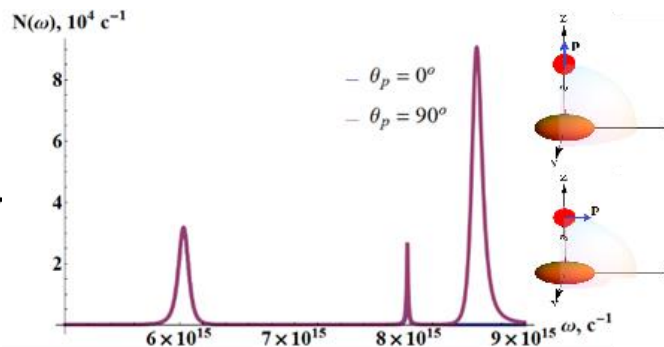


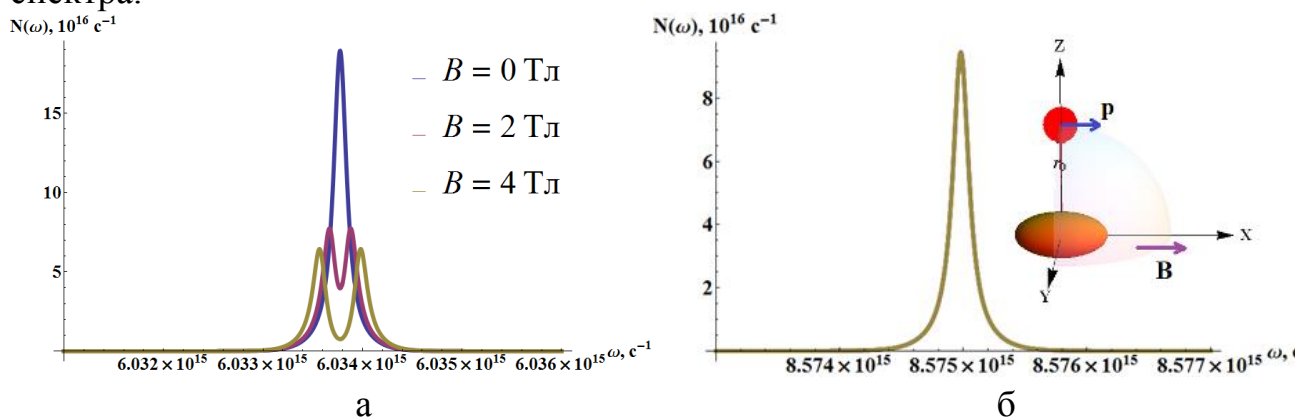
Рисунок 12 – Зависимость

спектра люминесценции от направления дипольного момента; $K = 2 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}, \omega_{if} = 7,98 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$

Для анализа результатов с учетом влияния магнитного поля были изменены постоянные значения для магнитного поля $B = 4 \text{ Тл}$ и частоты затухания $\gamma = 1,6 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$. В зависимости от того, какие значения сформированы у фактора деполяризации \mathbf{n} , расщепление спектральных полос будет наблюдаться при разном направлении вектора индукции магнитного поля \mathbf{B} . Изменение величины частоты γ столкновения электронов повлияло только на амплитуды и ширину плазмонных полос, но не на положение экситонной полосы.

Как видно из рисунка 13, в магнитном поле происходит расщепление спектра люминесценции N в низкочастотной области $\omega \approx 6,034 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ в том случае, когда вектор индукции \mathbf{B} магнитного поля направлен вдоль оси X, при направлениях магнитного поля вдоль других осей Y и Z расщепление не

наблюдается. При увеличении индукции магнитного поля B наблюдается уменьшение интенсивности люминесценции N в низкочастотной области спектра.



а - низкочастотная область; б - высокочастотная область

Рисунок 13 – Зависимость спектра люминесценции от индукции магнитного поля B ; $\theta_p = 90^\circ$, $\varphi_p = 0^\circ$

Таким образом, в работе исследованы спектральные характеристики скоростей излучательных и безрадиационных процессов в двухчастичной системе, образованной из полупроводниковой квантовой точки и плазмонного наносфероида, при ее различных геометрических конфигурациях и наложении внешнего магнитного поля.

Список литературы

- 1 Кучеренко, М. Г., Влияние сфероидальных замагниченных наночастиц на люминесценцию квантовых точек / М.Г. Кучеренко, В.М. Налбандян // Журнал прикладной спектроскопии. – Оренбург. ОГУ. – 2024. – Т. 91. – №. 1. – С. 39-47.
- 2 Борен, К. Поглощение и рассеяние света малыми частицами: Пер. С англ. – М.: Мир, 1996. – 554 с.
- 3 Климов, В.В. Наноплазмоника / В.В. Климов // ФИЗМАТЛИТ, – 2009. – 480 с.
- 4 Kucherenko, M. Absorption and spontaneous emission of light by molecules near metal nanoparticles in external magnetic field / M. Kucherenko, V. Nalbandyan // Physics Procedia. – 2015. – Т. 73. – С. 136-142.
- 5 Кучеренко, М.Г. Перенос энергии экситон-активированной квантовой точки к нанокompозитным частицам в стеклах / М.Г. Кучеренко, С.В. Скуратова // Матер. Всерос. научно-методической конференции «Университ. комплекс как регион. центр образ., науки и культуры». – Оренбург. ОГУ. – 2016. – С. 1237-1247.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА» В УНИВЕРСИТЕТСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Белокопытова О.Г., канд. пед. наук

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

На протяжении всей истории своего развития человечество формулировало и создавало определенные взгляды на мир и место человека в нем, на его жизнедеятельность, выдвигало идеалы, формировало представления о будущем, что служило его ориентирами в дальнейшей жизни. Задача познания универсальных законов объективной действительности и ее преобразования, формулирования основополагающих принципов подхода к миру и человеку, создания обобщающих представлений мировоззрения будет актуальной при выполнении следующих условий:

- постоянное развитие общественного производства, культуры, человеческих потребностей,
- расширение вовлекаемых в человеческую деятельность все новых и новых сфер природы,
- совершенствование самой деятельности и самого человека.

Уверены, процесс изучения физики студентами в университете должен быть частью более сложного процесса подготовки квалифицированных кадров, развития творческих способностей активной личности. В последнее время, как никогда ранее, возникла объективная необходимость в повышении роли фундаментальной базы особенно высшего образования на основе единства его естественнонаучной и гуманитарной составляющих – человек должен понять и осознать экзистенциальную зависимость от окружающего мира. Современная дидактика должна выстраивать обобщающий подход, основанный на закономерностях усвоения знаний и приобретения умений и навыков. В развитии образования такой подход важен не только для знакомства с историей науки и достижениями современности, но и для развития наукоемких, цифровых и вычислительных технологий.

В университете физика преподается студентам технических направлений. В связи с этим нужно учитывать тот факт, что повышение уровня подготовки выпускников университета этих направлений обеспечивается в первую очередь качественной физико-математической подготовкой, призванной заложить универсальную базу для изучения общетехнических и специальных дисциплин, привить навыки использования физического и математического аппарата для решения естественнонаучных и инженерных задач, информационно-коммуникационных привычек.

Нельзя не согласиться с мнением многих ученых, что только в естественнонаучном образовании закладываются такие качества, как скептицизм, рационализм, интуиция и другие. Все эти качества важны для

выпускника любого вуза – инженера, исследователя, врача, учителя, менеджера, экономиста и т.д. Следствием недостаточной естественнонаучной образованности современного общества является тот факт, что нас захлестнул поток гадалок, магов, экстрасенсов.

К сожалению, нам всем заметна современная тенденция к уменьшению объема естественнонаучных дисциплин в высшем и среднем образовании. Но несмотря на большое количество публикаций и выступлений ученых и педагогов, в которых указывалось на снижение уровня фундаментального естественнонаучного образования, переломить эту тенденцию оказалось очень трудно. Как следствие, возникла реальная угроза ликвидации физики, химии, как самостоятельных дисциплин в ряде вузов и даже – базовой средней школе.

К сожалению, в современном физическом образовании отсутствует направленность на удовлетворение широких мировоззренческих потребностей личности, проявляющихся в интересе к методологическим аспектам становления и развития физического знания, к установлению родства между рациональным научным знанием и другими компонентами общечеловеческой культуры.

Физика, как наука, определяет стиль научного мышления, поскольку она оказывает влияние на другие естественные науки не только своим содержанием, но и своими методами, принципами, подходами к решению проблем. Но по некоторым направлениям в вузе, физика как целостная дисциплина оказалась на стадии разрушения – несмотря на то, что роль физики в образовании сегодня должна возрастать, поскольку:

- растет насыщенность производства физическими методами контроля;
- расширяются масштабы использования в технике и технологии новых физических явлений и эффектов;
- увеличение наукоемкости, ориентирование экономики на цифровизацию, приближает инженерные теории к физическим.

Независимо от профиля подготовки выпускников полноценное высшее образование должно удовлетворять общим требованиям – развивать целостное представление о научной картине мира, заложить необходимый фундамент научной подготовки для последующей профессиональной деятельности, способствовать творческому развитию личности. А это возможно осуществить лишь на основе общих естественнонаучных дисциплин, к которым в первую очередь относится физика.

Но это совсем не говорит о том, что нужно только увеличивать объем естественнонаучных дисциплин. Речь идет о качественно новом уровне преподавания этих дисциплин, как единого комплекса наук о природе и месте в ней человека.

Преподавателям вуза необходимо помнить, что студент – это уже сформировавшаяся личность, поэтому нужно развивать эту личность, направлять на истинный путь. И прежде, чем дать ребятам предметные знания, педагог должен помнить о мировоззренческих установках, без которых никакие знания не будут закрепляться в их головах.

В настоящее время преподавание естественных наук еще далеко от полной реализации своих возможностей. Необходимы целенаправленные усилия, чтобы преодолеть затруднительные и застойные явления и вывести естественнонаучное образование на уровень, отвечающий требованиям современного времени.

Физика в современной науке занимает одно из ведущих мест, поскольку без нее невозможен технический прогресс. Ядерная энергетика, полупроводниковая техника, квантовые генераторы и многое другое – результат применения достижений физики. Поэтому от успешного развития физики зависит и развитие многих взаимосвязанных с ней наук.

Пожалуй, нет ни одного предмета, который так или иначе не мог бы быть привлечен на занятиях по физике. Из-за предметной ограниченности каждой дисциплины в отдельности нельзя выработать цельное естественнонаучное мировоззрение, но все вместе они участвуют в его создании и развитии. Таким образом, каждое новое открытие в жизни становится составляющим элементом этого мировоззрения, который расценивается как прогрессивный по сравнению со всеми прошлыми мировоззренческими установками.

Для того, чтобы полностью реализовывать возможности дидактики в области преподавания физики педагоги должны владеть глубокими специфическими знаниями преподаваемого предмета, а также использовать межпредметные связи. В свою очередь, от студентов требуется умение использования взаимопроникающей связи учебных предметов для объяснения какого-либо процесса или явления.

Богатый материал, который дают физика, математика, информатика, химия, биология, география и другие науки, изучаемые в университете, для развития естественнонаучного мировоззрения, требует правильной интерпретации. Только сознательное применение законов, правил, теорем, формул, явлений и процессов позволяет понять их своеобразие, специфику, их связь с другими процессами и невозможность их отождествления, дает возможность в полном объеме использовать знания в практике преобразования природы, к чему всегда стремился человек. Изучение курса общей физики в системе высшего профессионального образования призвано помочь студентам:

- выбрать и выстроить собственный мир ценностей,
- овладеть творческими способами решения научных и жизненных проблем,
- открыть рефлексивный мир собственного «Я», и как следствие, научиться управлять им.

Другими словами, все это помогает любому человеку сформировать, а впоследствии и развивать целостную систему взглядов и убеждений, проявляющуюся в эмоциях, чувствах, различных видах деятельности и поведении.

Список литературы

1. Войцехович, В.Э. Синергетика как философия междисциплинарного

познания / В.Э. Войцехович // Рационализм и культуры на пороге третьего тысячелетия: Материалы Третьего Российского Философского конгресса. – Т. 2: – Ростов н/Д: Изд-во Северокавказского научного центра высшей школы, 2002. – С. 366.

2. Гессен, С.И. Мировоззрение и образование / С.И. Гессен // Хрестоматия. Педагогика Российского Зарубежья. Пособие для пед. университетов, институтов и колледжей. – М.: Институт практической психологии, 1996. – С. 101-120.

3. Наумова, О.Г. Развитие естественнонаучного мировоззрения студентов в университетском образовании : авт. дисс. ...канд. пед. наук : 13.00.01 / О.Г.Наумова. – Оренбург, 2008. – 22 с.

КИНЕТИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ ДНК

Воробай Э.А.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Лучевая терапия – облучение злокачественных опухолей ионизирующими излучениями – мощный метод лечения различных онкологических заболеваний [1, 2]. Основным механизмом действия таких излучений – радиационные повреждения ДНК раковых клеток и подавление их способности продолжить рост раковых опухолей. Однако одновременно с подавлением роста раковых опухолей ионизирующие излучения способны повреждать клетки здоровых тканей. Потому радиационные повреждения ДНК являются постоянным объектом исследования радиобиологии.

Результаты экспериментальных исследований накопления радиационных дефектов в ДНК в клетках *in vivo* обнаруживают необычную зависимость количества таких дефектов N от дозы D γ -облучения культур клеток [3]. Пример этой зависимости показан на рисунке 1.

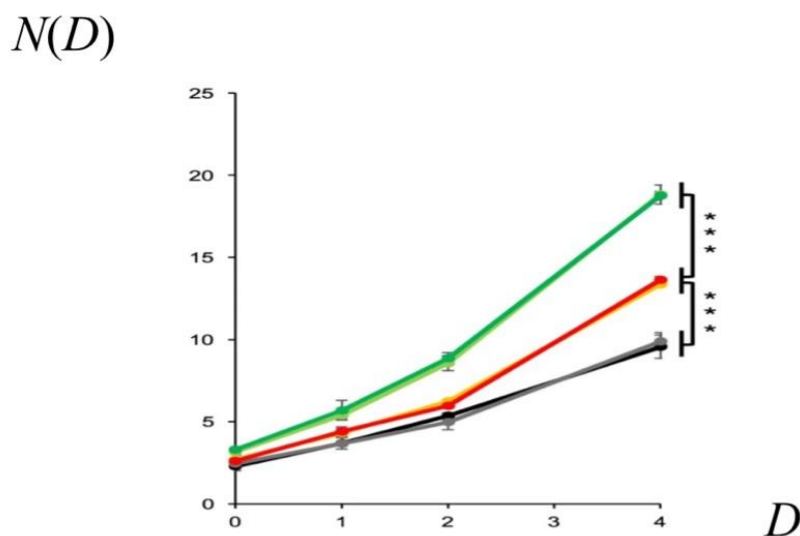


Рисунок 1. Зависимость количества $N(D)$ поврежденной ДНК клеточной культуры от дозы γ -излучения D [3]

Как и следовало ожидать, при малых дозах γ -облучения начальный участок зависимости $N(D)$ линейно растет пропорционально дозе D .

$$N(D) \propto aD.$$

Однако с увеличением дозы D эффективность γ -облучения возрастает, и зависимость D становится нелинейной. Обычно эту зависимость описывают

полиномом второго порядка

$$N(D) = a_0 + a_1D + a_2D^2$$

В некоторых случаях экспериментальные данные не могут быть описаны таким полиномом, поэтому используется более сложный полином третьего порядка

$$N(D) = a_0 + a_1D + a_2D^2 + a_3D^3$$

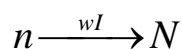
Однако, как правило, при описании таких экспериментов не дается объяснения физиологических или биохимических причин нелинейной зависимости $N(D)$, а также не предлагается физическая, химическая или молекулярно-биологическая интерпретация коэффициентов a_i полиномиальных зависимостей.

Цель данной работы – предложить возможный вариант внутриклеточных радиационных и молекулярно-биологических процессов, объясняющих нелинейную зависимость $N(D)$, составить кинетическую схему таких процессов и получить систему кинетических уравнений, которые описывают накопление радиационных дефектов ДНК в живых клетках. Предлагаемая теория использует математический аппарат феноменологической кинетики физико-химических и биологических процессов [4].

Предполагается, что гамма-облучение клеток осуществляется на установке с постоянным потоком I γ -квантов и доза D пропорциональна времени облучения t

$$D = I \cdot t$$

Скорость dN/dt образования радиационных дефектов пропорциональна количеству облучаемых клеток n и количеству ДНК, вероятности w радиационного повреждения и интенсивности I потока γ -квантов. Простая кинетическая схема процесса радиационного повреждения ДНК выглядит следующим образом



Этой кинетической схеме соответствует кинетическое уравнение

$$dN/dt = wIn \quad (1)$$

Решение кинетического уравнения (1)

$$N(t) = N_0 + wnIt = N_0 + wnD = N(D) \quad (2)$$

хорошо описывает начальный линейный участок зависимости $N(D)$, но не объясняет нелинейные зависимости. Потому исходную простую модель

необходимо изменить с учетом возможных дополнительных процессов.

Если в процессе γ -облучения уменьшается количество исходных живых клеток $n(t)$, то вместо одного уравнения (1) необходимо использовать систему кинетических уравнений

$$\begin{cases} dn/dt = -wIn \\ dN/dt = wIn(t) \end{cases} \quad (3)$$

При составлении этой модели предполагалось, что количество клеток $n(t)$ уменьшается в процессе облучения и $n(t) = n_0 - N(t)$

В реальных клетках организма существует очень эффективный механизм устранения редких радиационных и иных повреждений ДНК. Эту роль исполняют несколько специальных ферментов, общее название которых репараза [5]. Очевидно, что скорость пострадиационного восстановления ДНК можно учесть в кинетических уравнениях (3) введением дополнительного слагаемого

$$\begin{cases} dn/dt = -wIn + k_1N_1n = -(wI - k_1N_1)n \\ dN/dt = wIn(t) \end{cases} \quad (4)$$

В этих уравнениях N_1 – количество репараз, приходящихся на одну молекулу ДНК, k_1 – эффективная константа скорости их действия. Из первого уравнения системы (4) следует, что действие репараз уменьшает скорость накопления радиационных повреждений ДНК, но не способно объяснить наблюдаемое увеличение эффективности γ -излучения с ростом дозы D .

Для корректного описания экспериментальных данных необходимы дополнительные предположения о процессах, которые также вызваны продолжающимися радиационными процессами.

Очевидно, что γ -излучение действует не только на молекулы ДНК, но и на молекулы белков и в частности, на репаразы, уменьшая количество «работающих» ферментов. Кинетику изменения (уменьшения) количества работающих репараз N_1 можно описать кинетическим уравнением

$$dN_1/dt = -w_1I \cdot N_1(t), \quad (5)$$

где w_1 – вероятность радиационного повреждения репараз при облучении образцов единичным потоком γ -излучения. Объединяя уравнения (4) и (5), получаем окончательную систему кинетических уравнений, решения которых способны описать возрастание «эффективности» γ -излучения с увеличением дозы облучения.

$$\begin{cases} dN_1 / dt = -w_1 I \cdot N_1(t) \\ dn / dt = -wIn + k_1 N_1(t)n = -(wI - k_1 N_1(t))n \\ dN / dt = wIn(t) \end{cases} \quad (6)$$

Аналитические или численные решения системы кинетических уравнений (6) и их сопоставление с экспериментальными данными позволяет определять феноменологические параметры теории и скорости радиобиологических процессов.

Список литературы

1. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. М.: Высшая школа. 2004. 549 с.
2. Williams J.R., Thwaites D.I. Radiation therapy physics in practice. Oxford [Oxfordshire]: Oxford University Press. 1993. [ISBN 978-0-19-963315-9](https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199633159).
3. Tomioka K., Miyamoto T., Akutsu S.N., Yanagihara H., Fujita K., Royba E. // Nature. Scientific Reports. 2021, 11. № 1, 19661.
4. Бердинский В.Л., Арифиллин М.Р., Летуа У.Г. Феноменологическая кинетика физико-химических и биологических процессов. Оренбург. ОГУ. 2022. 164 с.
5. Lindahl, T., Modrich P., Sancar A. // Journal of the Association of Genetic Technologists. 2016. V. 42. № 1. P. 37-41.

МОДУЛЯЦИОННАЯ МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ПОЛУПРОВОДНИКА

Герцен М.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Низкая стоимость и относительная простота технологии изготовления устройств молекулярной электроники позволяют создать эффективные органические светодиоды, плоские широкоформатные дисплеи, сенсоры.

Электронную структуру органических полупроводников можно разделить на репрезентативные группы:

I) полоса делокализованных (или расширенных) состояний, разделенных запрещенной зоной, аналогичной таковой в неорганических кристаллах;

II) II) полосы делокализованных состояний с локализованными состояниями в запрещенной зоне. Разделенные зоной подвижности, аналогичны полосам в неорганических аморфных материалах (таких как аморфный кремний).

При высоких температурах перенос заряда в полупроводниках с множеством локализованных состояний, описываемых экспоненциальными полосовыми хвостами, представляет собой релаксацию с множественным захватом (MTR). процесс [1], в котором разрешены только переходы электронов между делокализованными состояниями выше границы подвижности и локализованными состояниями хвостовой зоны, в то время как скачкообразными переходами между локализованными состояниями хвостовой зоны пренебрегают. Следовательно, каждый второй переход приводит электрон к границе подвижности. Модель ССО предполагает, что транспортировка происходит в расширенных, делокализованных состояниях выше границы мобильности и что перевозчики на уровнях ниже фактически оказываются в ловушке локализованных состояний. Большинство носителей захвачены, и перенос заряда происходит за счет небольшой доли носителей, которые термически активируются в делокализованные состояния выше границы подвижности. Дрейфовая подвижность в этом случае представлена выражением:

$$\mu_{drift}(T) = \mu_0 \frac{n_e}{n_0} \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right) \quad (2)$$

где μ_0 - подвижность свободных носителей, N_0/N_e - соотношение между концентрацией носителей в расширенном и локализованном состояниях. Обратите внимание, что температурная зависимость в таком случае описывается предыдущим уравнением с $\beta = 1$ и постоянной энергией активации,

которая наблюдается в большинстве неупорядоченных полупроводников при высоких температурах. Утверждается, что модель MTR более подходит для описания переноса заряда в микрокристаллических полимерах, таких как производные политиофена [2, 3].

Объект исследования: пленки МЕН-PPV (рис.1)

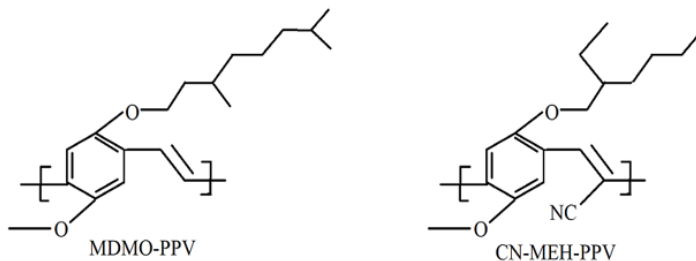


Рисунок 1- Старение полимера

Экспериментальная часть. Измерение температурной зависимости темновой проводимости пленки МЕН-PPV выполняется в лабораторной установке, принципиальная схема которой показана (рис. 2).

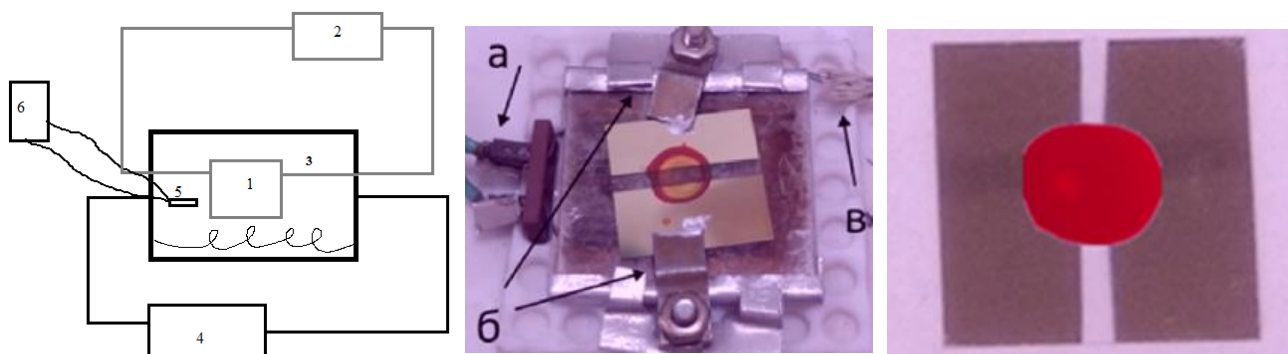


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки: 1-Пленка МЕН-PPV, 2-Тераомметр (E6-13A), 3-Нагревательный элемент 4- Источник питания постоянного тока (Б5-50) 5- Термопара 6- Мульти метр.

Для измерения проводимости (2) испытательный образец помещали в держатель (1), а клеммы входа тераомметра подсоединяли к контактам, установленным на направляющей. Используя зажим, образец прижимали к нагревательному элементу (3). Нагревательный элемент был подключен к источнику питания постоянного тока (4) для изменения температуры исследуемой пленки. Температуру испытуемого образца изменяли с помощью термопары, подключенной к мультиметру (6) (5). Чтобы избежать воздействия света и электромагнитных помех, испытуемый образец помещали в металлический контейнер.

С экспериментальной точки зрения, как правило, особое внимание уделяется зависимости электропроводности от температуры, поскольку эта зависимость может указывать на лежащий в основе механизм проводимости и

предоставлять информацию о распределении DOS.. В широком диапазоне температур проводимость постоянного тока в неупорядоченных материалах принимает форму:

$$\sigma(T) = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E_a(T)}{k_B T}\right)^\beta \quad (1)$$

где пред экспоненциальный коэффициент σ_0 зависит от базовой системы, а показатель степени β зависит от материала, а также иногда от диапазона температур, в котором исследуется электропроводность. Показатель степени β близок к единице при температурах, близких к комнатной температуре и превышающих ее, в то время как при более низких температурах β может быть значительно меньше единицы. В органических неупорядоченных материалах также сообщалось о значениях β , превышающих единицу. Для таких систем обычно считается подходящим значение $\beta \approx 2$ [5-9].

Экситон должен быть диссоциирован. Этого можно достичь путем смешивания двух органических полупроводников с разными уровнями энергии, так что электрону выгодно пройти процесс переноса заряда из связанного синглетного экситонного состояния в менее плотно связанное.

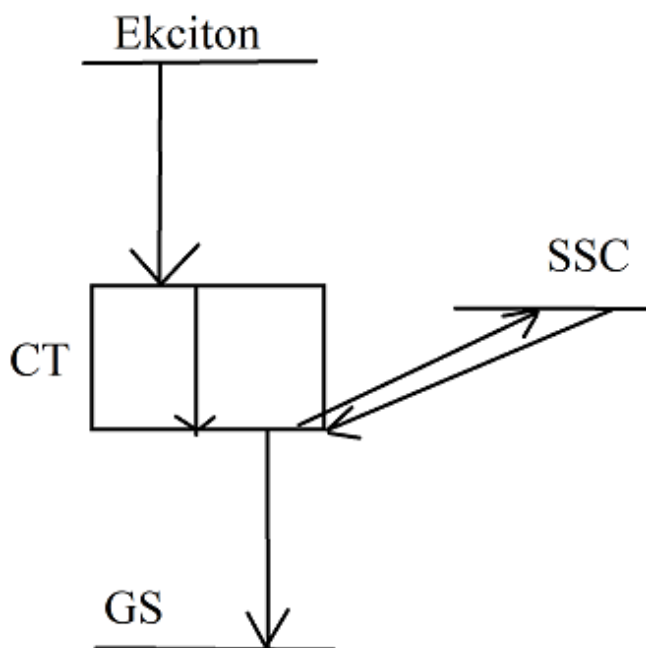


Рисунок 3 – Схематическое представление модели диссоциации экситона переноса заряда Онзагера-Брауна, включающей генерацию экситона переноса заряда из экситона с последующей колебательной релаксацией, диссоциацией и преобразованием из пространственно разделенных зарядов и рекомбинацией в основное состояние [4].

Ослабление метастабильным с зависящим от поля и температуры временем жизни $t(T, E)$, которое определяется как величина, обратная сумме скорости диссоциации на пространственно разделенные заряды, $k_{CT \rightarrow SSC}(E, T)$ и

скорости рекомбинации в основное состояние, $k_{SSC \rightarrow GS}$. То вероятность, распада на пространственно разделенные заряды Р (F, T), затем следует из произведения скорости диссоциации и времени его жизни. Пути генерации, диссоциации и рекомбинации СТЕ (геминатная рекомбинация) в соответствии с этой моделью схематично показаны на рисунке 3.

В этом контексте барьер диссоциации определяется только кулоновской энергией связи на расстоянии разделения между СТ и не учитывает, что энергетическое окружение электрона в легирующей примеси сильно отличается от такового в полимере. Обычно обнаруживается, что величина этого барьера диссоциации составляет от 0,1 до 0,5 eV, что соответствует разделению носителей заряда в СТЕ примерно от 1 до 4 nm [4].

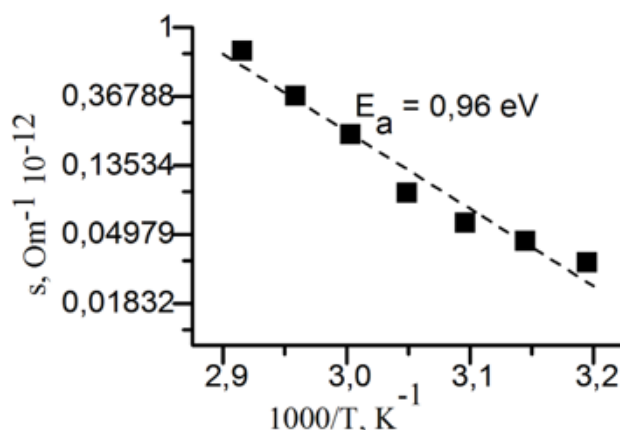


Рисунок 4 - Темновая температурная зависимость проводимости пленки органического полупроводникового MEH-PPV

По итогам работы можно сделать вывод о энергии активации локализованных состояний пленки MEH-PPV ($E_a = 0,96$ eV), что и соответствует литературным данным.

Список литературы

1. Мелешкевич Р.П. Методы термического испарения [Электронный ресурс]. – научно-производственная организация ВАКТРОН. // Белорусский национальный технический университет. –2022.
2. Karl W. Böer, Carrier Transport Induced and Controlled by Defects/ Karl W. Böer, Udo W. Pohl// link springer –1993–№15– pp.175.
3. Fritzsche H., Density of States in Noncrystalline Solids// link springer – 1981–№40–pp.85.
4. Fayer M. D., Electron Transfer in Solution: Theory and Experiment/ M. D. Fayer, L. Song, S. F. Swallen// link springer–1988–№89–pp. 6929.
5. Moon H., Synthesis, crystal structure, and transistor performance of tetracene derivatives/ H Moon, R Zeis, E J Borkent// American Chemical Society. – 2004pp. 126.
6. Guillermo C. Bazan, Time-resolved structural evolution of additive-

processed bulk heterojunction solar cells./ Rogers JT, Schmidt K, Toney MF// American Chemical Society C. –2012–№134–pp. 4.

7. Kline R. J., Liquid-crystalline semiconducting polymers with high charge-carrier mobility/ Kline R. J., I. McCulloch, M. Heeney –2003.–№15–p.1519.

8. Bo Weng, Macromolecular Rapid Communications/ Bo Weng, Kirsten Severing, Deputy Editors –2007.–№28–pp1761.

9. Podzorov V., Intrinsic charge transport on the surface of organic semiconductors/ Podzorov V., E. Menard, A. Borissov –2004.–№10–p.1103.

ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРИРОДНЫХ СИСТЕМАХ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

**Говорова В.Д., Стрекаловская А.Д., канд. биол. наук, доцент
Шаманская Е.В.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В статье рассматриваются экологические и медицинские аспекты влияния источников ионизирующего излучения, присутствующих в природных системах Оренбургской области, на здоровье населения и экосистему. Перечисляются характерные для территории естественные источники ионизирующего излучения и пути миграции радионуклидов в биологических системах. Приводятся данные по радиационной нагрузке на население, полученные методами мониторинга природной радиоактивности. Предлагаются меры по повышению радиационной безопасности природных источников ионизирующего излучения для населения Оренбургской области.

Ключевые слова: источники ионизирующего излучения, природные системы, радионуклиды, здоровье населения, экологический мониторинг.

Актуальность исследований естественных источников ионизирующего излучения обусловлена их опасностью для здоровья населения.

Из-за особенностей освоения территорий Оренбургской области некоторые населенные пункты были основаны на землях, где присутствуют источники природной радиации в экологически-значимых концентрациях.

Основным источником радиации в Оренбургской области являются залежи урановых руд, содержащих радионуклиды радия и тория.

Геофизические процессы приводят к миграции радионуклидов из пород в воду и воздух. Эта миграция чаще всего связана с образованием газа радона. Это радиоактивный газ, образующийся в результате распада урана и тория в грунте и горных породах. Его скопление возможно в закрытых помещениях, особенно в подвалах и зданиях с недостаточной вентиляцией.

Радиоактивность в подземных и поверхностных водах в Оренбургской области обнаруживалась в районе села Нестеровка, в долине реки Роптанка. Она обусловлена наличием урана в водонефтяных эмульсиях. Такие же эмульсии обнаружены при геофизических исследованиях на Покровском, Родинском и Сорочинско-Никольском месторождениях природного газа, что позволяет рассматривать эти территории как потенциально опасные по радиации. Высокая миграционная способность газа способствует транспортировке эмульсии в зоны активного водообмена, где изменение физических условий приводит к переходу урана в минеральную форму. [4]

В ходе одного из исследований годовой радиационной нагрузки на жителей Оренбургской области в 9 населенных пунктах из 34 суммарная доза не превысила 5 мЗв/год, что в соответствии с ОСПОРБ 99/2010

классифицируется как приемлемый уровень природного облучения населения. Повышенные (в интервале от 5 до 10 мЗв/год) дозы облучения за счет природных источников ионизирующего излучения получают жители 18 населенных пунктов. В 20% населенных пунктов (7 из 34) средняя доза облучения жителей за счет природных источников ионизирующего излучения превышает порог в 10 мЗв/год, что классифицируется как высокий уровень природного облучения населения. Такие значения были получены в Адамовском (с. Аниховка, с. Брацлавка, с. Карабутак, с. Нижняя Кийма, п. Нововинницкое), Домбаровском (с. Караганда) и Кваркенском районе (с. Аландское).

Причиной повышенного и высокого природного облучения жителей 25 населенных пунктов Адамовского, Домбаровского, Кваркенского, Светлинского районов и Ясненского ГО в проанализированных случаях являлись высокие уровни содержания радона в воздухе помещений жилых домов, обусловленные поступлением этого газа из грунта под зданиями.[3]

Радионуклиды, независимо от пути миграции из грунтов на поверхность, имеют свойство накапливаться в биологических системах, включая растения и животных. Это явление связано с тем, что многие радионуклиды по химическим свойствам схожи с элементами, необходимыми для жизни, и могут встраиваться в метаболические процессы. Наиболее подвержены первичному накоплению радионуклидов грибы и травянистые растения. Дальнейший путь радионуклидов по пищевым цепочкам происходит с нарастанием концентраций в тканях животных, достигая максимума у хищников.

Основным путем попадания природных радионуклидов в организм человека является алиментарный путь - через воду и локальные продукты питания. Однако не менее важным является аспирационный путь, когда радионуклиды вдыхаются вместе с воздухом. [2]

В высоких дозах на большинство живых организмов ионизирующее излучение радионуклидов оказывает негативное влияние, включающее повреждения клеток и мутации в ДНК, что приводит к развитию новообразований и других заболеваний. В связи с этим, при выявлении повышенных уровней радиации в зонах, прилегающих к населённым пунктам и сельскохозяйственным угодьям, необходимо проводить мероприятия по контролю и оценке воздействия ионизирующего излучения на здоровье населения, а также отслеживать присутствие радионуклидов в аграрной и животноводческой продукции.[1]

В России для мониторинга радиационной обстановки используются различные методы и системы, которые обеспечивают контроль за уровнем радиации в окружающей среде. Государственная система мониторинга радиационной обстановки (ГСМРО) включает сеть стационарных радиационных постов, осуществляющих постоянный контроль за уровнем радиации и передающих данные в центральные органы.

Мобильные радиационные лаборатории используются для проведения оперативных измерений радиационного фона в случае аварий или других

экстренных ситуаций. Эти лаборатории могут быстро перемещаться в нужные районы и проводить анализы.

Портативные дозиметры используются для измерения уровня радиации в конкретных точках.

В промышленных зонах и населенных пунктах используются стационарные радиометры для постоянного мониторинга.

Наиболее информативным для науки является радиоэкологический мониторинг, который включает анализ почвы, воды и биоты на содержание радионуклидов. Это позволяет отслеживать долгосрочные изменения в радиационной обстановке и оценивать влияние на экосистему.

Из-за участвовавших экстремальных погодных явлений (паводки, пыльные бури, сильные ветры), ускоряющих миграцию радионуклидов в природных системах, возникает необходимость увеличения подвергаемых мониторингу территорий и расширения спектра проводимых исследований.

Мониторинг радиационной ситуации в населённых пунктах, расположенных рядом с месторождениями, регулярный отбор проб воды и почвы, а также исследование путей миграции радионуклидов в биологических системах помогут обеспечить высокую безопасность населения Оренбургской области.

Список литературы

1. Дияковская, А.В. Влияние радиации на человека и окружающую среду / А.В. Дияковская, Л.Р. Телекова // Наука, образование и культура – 2018, №7 – С. 1-3

2. Брищук, А.А. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ НА ЧАЭС / Е.В. Теплякова, П.В. Панкратьев, А.С. Степанов // РЕПОЗИТОРИЙ УО "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины" – Витебск, 2021. – Режим доступа <https://repo.vsavm.by/handle/123456789/14067>. – 11.11.2024.

3. Кормановская, Т.А. Облучение населения Оренбургской области природными источниками ионизирующего излучения. Часть 2: Дозы облучения населения восточных районов Оренбургской области / Т.А. Кормановская, И.К. Романович, Н.Е. Вяльцина, С.В. Гаевой, Д.В. Кононенко, К.А. Сапрыкин, Е.С. Кокоулина, Н.А. Королева // РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА – 2023, Т. 16 №1 – С. 6-18

4. Теплякова, Е.В. РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАТФОРМЕННОГО ОРЕНБУРЖЬЯ / Е.В. Теплякова, П.В. Панкратьев, А.С. Степанов // Открытая электронная библиотека научно-образовательных ресурсов Оренбуржья – Оренбург, 2018. – Режим доступа <http://elib.osu.ru/handle/123456789/6114>. – 11.11.2024.

МЕДИЦИНСКИЕ ФАНТОМЫ - ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ МЕЖВУЗОВСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОГУ И ОРГМУ

**Говорова В.Д., Минакова В.К.,
Стрекаловская А.Д., канд. биол. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В статье приведен обзор рынка медицинских фантомов, подтверждающий перспективность исследований и разработок в области симуляционных технологий, применяемых при подготовке врачей различных специальностей. Так же в статье представлены результаты работы коллектива сотрудников и студентов кафедры медико-биологической техники Оренбургского государственного университета по разработке медицинского фантома для обучения врачей ультразвуковой диагностике заболеваний почек. Данная работа является частью проекта создания межвузовского медико-инженерного центра, предложенного к реализации в рамках формирования инфраструктуры для междисциплинарных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, предусмотренного постановлением «О стратегии социально-экономического развития Оренбургской области до 2030 года».

Ключевые слова: медицинские фантомы, симуляционные технологии, аккредитационные центры, медико-биологическая техника, междисциплинарные исследования

Медицинские фантомы, это модели органов и систем человеческого организма, на которых врачи обучаются проведению диагностических исследований и лечебных процедур, а инженеры при помощи фантомов тестируют медицинскую технику.

В связи с уходом из России многих зарубежных производителей в медицинских вузах, симуляционных и аккредитационных центрах возник дефицит обучающих моделей. В учреждениях Европы на один фантом приходится тысяча обучающихся пользователей, в России этот показатель равен 2 тысячам. Это не может не сказаться на качестве освоения медицинских навыков. В странах исламского мира в медицинском образовании проблема стоит еще более остро, так как в них запрещены патологоанатомические вмешательства. [1]

Большинство существующих фантомов не позволяют моделировать патологические изменения в органах, что снижает их образовательную ценность и ограничивает возможности их применения инженерами для оценки медицинского оборудования. [2]

Коллектив сотрудников и студентов кафедры медико-биологической техники Оренбургского государственного университета предлагает решение этой проблемы - фантомы, с максимальной точностью воспроизводящие

особенности органов, изменённых патологическими процессами.

Фантомы с внедрёнными элементами патологий позволят повысить уровень подготовки медицинских специалистов в ВУЗах и учебных центрах, с высокой точностью оценивать навыки врачей при аккредитации. [3; 4; 5] Фантомы новой линейки будут отличаться высокой детализацией, низкой стоимостью при сохранении должного уровня качества, возможностью использовать фантом не только как средство обучения врачей, но и как инструмент для оценки работы диагностических аппаратов.

Проект предполагает работу с государственными и частными организациями, первичное финансирование средствами грантов. Реализацию изделий планируется осуществлять через сайт студенческого конструкторского бюро «12.03.04».

На сегодняшний день участниками СКБ изготовлен и протестирован медицинский ультразвуковой фантом почки с элементами, воспроизводящими патологию «мочекаменная болезнь». Фотография фантома представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Разработка научного коллектива кафедры медико-биологической техники - «Фантом почки, пораженной мочекаменной болезнью»

Элемент в форме круга служит для обучения врачей позиционированию ультразвукового датчика, а элемент в форме квадрата позволяет оценивать качество изображения, выдаваемого аппаратом.

Результаты экспериментального исследования фантома показали высокую точность воспроизведения ультразвуковой картины заболевания. Фото полученной ультразвуковой картины представлено на рисунке 2.

Подробные данные об этом изделии и о проекте производства фантомов для обучения врачей техникам медицинских вмешательств размещены на платформе «Университет 20.35» [6].

По прогнозам отраслевых экспертов мировой рынок медицинского моделирования к 2027 году достигнет 3,1 млрд долларов, увеличившись в среднем на 15%. Этот прогноз подтверждает статус медицинского моделирования, как одного из наиболее перспективных направлений развития науки и технологий [1]. Российские производители фантомов демонстрируют

хорошие показатели доходности, несмотря на имеющиеся у их продуктов недостатки [7-10].

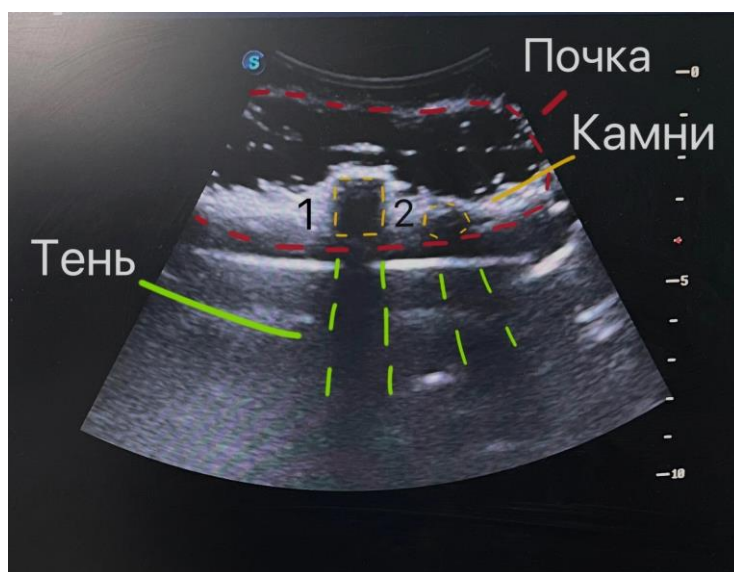


Рисунок 2 - Ультразвуковая картина, полученная при экспериментальном исследовании фантома

Коллективом сотрудников и студентов кафедры медико-биологической техники направлено предложение о сотрудничестве к руководству кафедры общей хирургии и симуляционного центра Оренбургской государственной медицинской академии.

Ожидаемыми результатами развития проекта производства фантомов для обучения врачей техникам медицинских вмешательств являются не только организация производства, старт продаж и получение первой прибыли, но и создание межвузовского медико-инженерного центра, в котором междисциплинарная команда сможет разрабатывать изделия для здравоохранения. Планирование организации центра согласуется с пунктом о формировании инфраструктуры для междисциплинарных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, постановления Правительства Оренбургской области от 20.08.2010 №551-пп «О стратегии развития Оренбургской области до 2020 года и на период до 2030 года» (с изменениями на 18 июля 2023 года) [11].

Список литературы

1. Фантом клиники: что ждет рынок медицинского моделирования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://evercare.ru/news/fantom-kliniki-chto-zhdet-rynok-medicinskogo-modelirovaniya>.
2. Евдокимова А. И., Зотова Ю. А. СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ СИМУЛЯЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОГРАММАМ ОРДИНАТУРЫ МЕДИЦИНСКИХ ВУЗОВ // Образование и право. 2022. №12.
3. Тарасова Галина Николаевна, Яковлев Алексей Александрович,

Григорьева Виктория Павловна РАЗВИТИЕ СИМУЛЯЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ЭНДОСКОПИЯ» // Медицинское образование и профессиональное развитие. 2022. №1 (45).

4. Симуляционное обучение в кардиохирургии: как сократить ошибки хирурга. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://e.medruk.mcfk.kz/789533>.

5. Абзалиев К.Б., Сагатов И.Е., Белтенова А.Г., Сайдалиев Д.М., Нурымбетов А.Б., Тураманов А.А. Разработка кардиохирургических тренажеров и методов симуляционного обучения. Виртуальные технологии в медицине. 2017;(2):51.

6. Производство фантомов для обучения врачей техникам медицинских вмешательств. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pt.2035.university/project/fantom-pocki-dla-obucenia-vrachej-ultrazvukovoj-dagnostiki>

7. О компании ГЭОТАР. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.geotar-med.ru/o-nas.html>

8. CORVIEW 3DR фантом интервенционных вмешательств на сердце и магистральных сосудах. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://virtumed.ru/fantomy-simulyatory/hirurgicheskie-fantomy/corview-3dr.html>

9. Продукты компании LifeLikBioTissue. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://lifelikebiotissue.com/product?swoof=1&pa_types=heart-valves

10. АнгиоМентор - симулятор рентгенэндоваскулярных вмешательств [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.geotar-med.ru/catalog/virtualnyie-simulyatoryi/angiograficheskij-simulyator-dlya-obucheniya-rentgenendovaskulyarnyim-vmeshatelstvam.html>.

11. Постановление Правительства Оренбургской области от 20 августа 2010 года №551-пп «О стратегии социально-экономического развития Оренбургской области до 2030 года» (с изменениями на 18 июля 2023 года).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК И ПЛАЗМОННЫХ НАНОЧАСТИЦ

Дуев Д. В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

В данном исследовании анализируется взаимодействие квантовых точек с плазмонными наночастицами. Рассматриваются ключевые принципы функционирования этих наноструктур, а также их специфические характеристики и потенциал использования в различных научных и технических сферах. Основной акцент сделан на анализе механизмов взаимодействия между квантовыми точками и плазмонными наночастицами, что может способствовать разработке новых материалов и устройств с улучшенными параметрами.

Ключевые слова: квантовые точки, наночастицы, серебра, люминесценция, поглощение, синтез, измерения

Чтобы изучить влияние наночастиц серебра (НЧС) на квантовые точки (КТ), мы приготовили два вида наночастиц серебра: боргидридный и цитратный.

Первым мы исследуем наночастицы синтезированные боргидридным способом, имеющие положительный заряд. Снимаем спектр поглощения и люминесценции раствора КТ+НЧС с разной концентрацией наночастиц серебра.

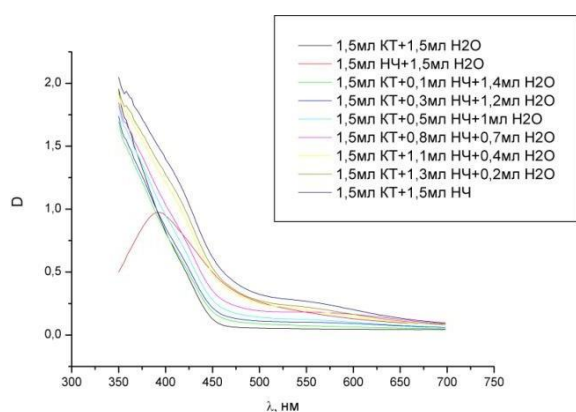


Рисунок 1 – Спектры поглощения системы КТ+НЧ БРГ при увеличении концентрации НЧ

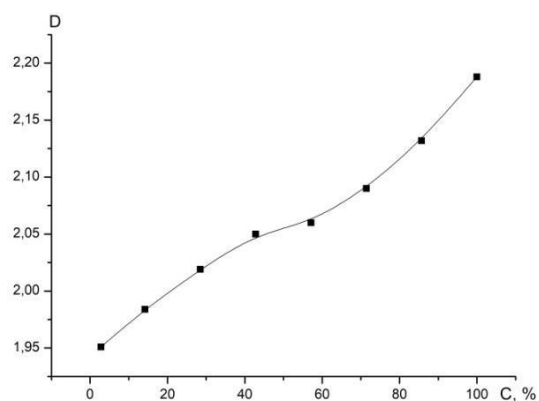


Рисунок 2 – Зависимость спектра поглощения от концентрации НЧ в системе КТ+НЧ БРГ

На спектре поглощения наблюдаем, что увеличение концентрации наночастиц серебра синтезированных боргидридным способом незначительно влияет на поглощение КТ.

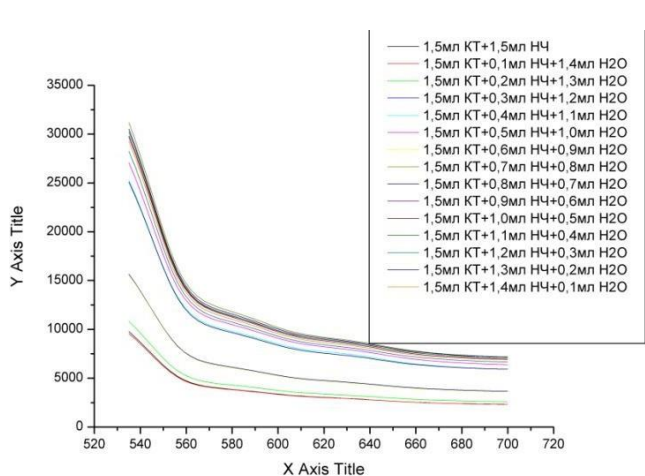


Рисунок 3 - Спектр люминесценции системы КТ+НЧ БРГ при увеличении концентрации НЧ

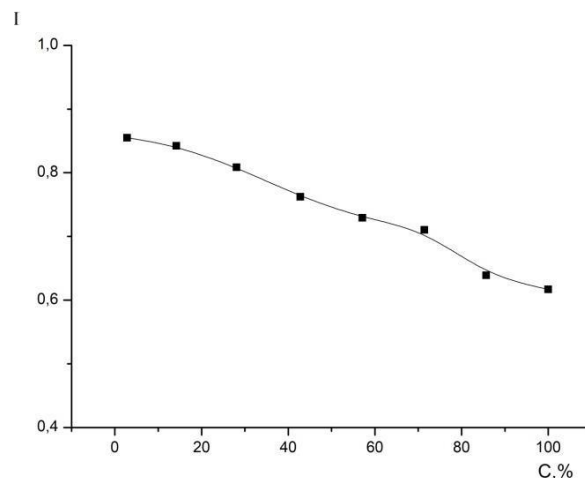


Рисунок 4 – Зависимость спектра люминесценции от концентрации НЧ в системе КТ+НЧ

Чтобы изучить взаимодействие наночастиц серебра (НЧС) и квантовых точек (КТ) в сплошной среде, были применены оптические методы.

Для записи спектров поглощения использовался спектрометр PG Instr. T70 UV/VIS. Спектры люминесценции регистрировались на установке, созданной на основе монохроматора МДР-204. УФ светодиод с длиной волны 365 нанометров применялся для возбуждения флуоресценции КТ.

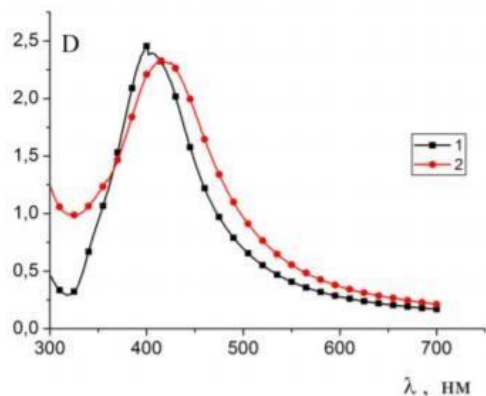
Наночастицы были синтезированы методом боргидридного восстановления. В результате была достигнута концентрация НЧ 0,15 мМ. Чтобы предотвратить агрегацию коллоидных наночастиц серебра, в раствор добавили 2% (по массе) порошкообразного поливинилового спирта (ПВС). На рисунке 5 показаны спектры поглощения растворов с добавлением полимера и без него.

Сдвиг пика плазмонного резонанса на 10 нм в длинноволновую область для растворов с ПВС связан с изменением диэлектрической проницаемости ближнего окружения НЧ, что свидетельствует о преимущественном размещении полимерных молекул в данной области и их агрегации с поверхностью металла. [6]

На рисунке 6 представлен спектр поглощения растворов квантовых точек. На нём можно увидеть несколько полос поглощения разной интенсивности, которые соответствуют переходам между уровнями энергии в полупроводниковом нанокристалле.

Для более детального изучения взаимодействия компонентов системы КТ и НЧ серебра было подготовлено несколько растворов с постоянной

концентрацией квантовых точек и различной концентрацией наночастиц серебра. Кривые оптической плотности этих образцов демонстрируют хорошее спектральное перекрытие низкочастотной полосы поглощения квантовых точек и пика плазмонного резонанса наночастиц. При этом с увеличением концентрации наночастиц амплитуда плазмонного резонанса возрастает.



1 – без ПВС; 2 – с добавлением ПВС

Рисунок 5 – Спектры поглощения коллоидных растворов наночастиц серебра

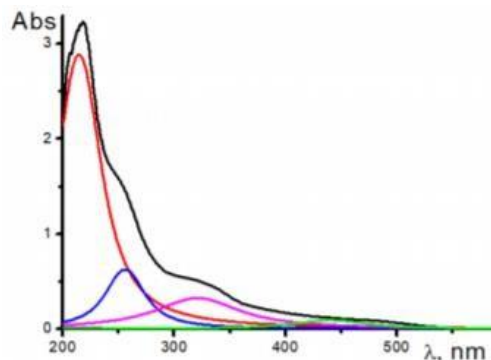
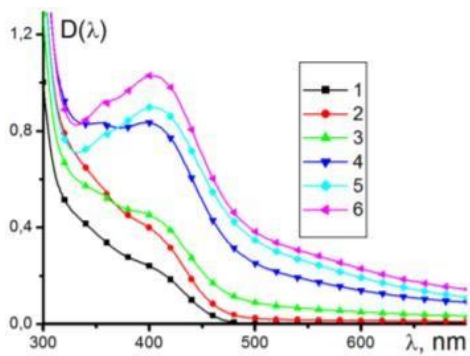


Рисунок 6 – Спектр поглощения водного раствора КТ и его разложение по лоренцевым кривым для разных переходов

Кроме того, стоит отметить, что спектры поглощения смешанных образцов с соответствующей концентрацией в диапазоне 350–700 нм для плазмонных наночастиц с поливиниловым спиртом и без него практически идентичны.[6]



1 – 0; 2 – 1; 3 – 4; 4 – 9; 5 – 11; 6 – 15

Рисунок 7 – Спектры поглощения системы КТ+НЧ (без ПВС) при увеличении концентрации наночастиц серебра (10^{-2} мМ)

Полученные данные соответствуют теоретическим моделям, в которых снижение квантового выхода люминесценции при увеличении концентрации тушителя объясняется экситон-плазмонным взаимодействием между квантовыми точками и наночастицами серебра. Это взаимодействие приводит к безызлучательному переносу энергии от квантовых точек на наночастицы серебра с последующей потерей энергии возбуждения в виде тепла.

Различия в константах тушения для чистого водного раствора наночастиц и наночастиц, покрытых поливиниловым спиртом, указывают на то, что полимерный слой в последнем случае действует как буфер, ограничивающий минимальное сближение наночастиц серебра и полупроводникового кристалла. Из-за резкой зависимости скорости безызлучательного переноса от расстояния это проявляется в уменьшении эффекта тушения люминесценции квантовых точек[6].

Выводы:

1. На спектре люминесценции заметно небольшое ослабление пика при повышении концентрации наночастиц серебра.

2. Снижение квантового выхода люминесценции с увеличением концентрации тушителя объясняется экситон-плазмонным взаимодействием КТ и НЧС, в результате чего происходит безызлучательный перенос энергии от квантовых точек на наночастицы серебра с последующей потерей энергии возбуждения в виде тепла.

3. Спектры поглощения смешанных образцов с поливиниловым спиртом и без него почти идентичны.

Рост концентрации наночастиц серебра, синтезированных боргидридным методом, оказывает незначительное влияние на поглощение квантовых точек.

Список литературы

1. Tam, F. et al. Plasmonic enhancement of molecular fluorescence / F. Tam // Nanoletters. -2007.-Т.7.-№.2.-С.496-501.

2. Tobias, A. K. Metal-enhanced fluorescence from quantum dot-coupled goldnanoparticles / A. K. Tobias, M. Jones // The Journal of Physical- Chemistry C. - 2018.-Т.123.-№.2.-С.1389-1397.

3. Кучеренко М. Г., Налбандян В. М., Чмерева Т. М. Учредители: Государственный оптический институт им. СИ Вавилова, Национальный исследовательский университет ИТМО, Международная общественная организация Оптическое общество имени Дмитрия Сергеевича Рождественского // ОПТИЧЕСКИЙЖУРНАЛ.-2021.-Т.88.-№.9.-С.9-19.

4. Kucherenko, M. G. Kinetic lens effect in intermolecular energy transfer nearmetallic nanoparticle with macromolecular cover / M. G. Kucherenko, S. V. Izmodenova, T. M. Chmereva // Book of Abstract. The 3-rd International Symposium «MO- LECULARPHOTONICS»dedicatedtoacademicianANTerenin.-2012.- С.174.

5. Jankowski, D. et al. Donor–acceptor nonradiative energy transfer mediatedby surface plasmons on ultrathin metallic films / D. Jankowski // Chemical Physics. -2010.-Т.373.-№.3.-С.238-242.

6. Luo, D. The fluorescence rate of a single molecule close to a spherical metallicnanoparticle/D.Luo // Optik.-2014.-Т.125.-№.16.-С.4352-4356.

7. Баранов, А. В. Практическое использование наноструктур / А. В. Баранов// СПб.:НИУ ИТМО.-2014.-Т.102.

8. Zhou, Z. K. et al. Quantum plasmonics get applied / Z. K. Zhou // ProgressinQuantumElectronics.-2019.-Т.65.-С.1-20.

СВОЙСТВА КОМПОЗИТА WC-Co, СОЗДАВАЕМОГО ДЕФОРМАЦИЕЙ СДВИГА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Жалнин Д. Д.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Экспериментально обнаружено, что в результате сдвиговой деформации спрессованного образца смеси ВК-10ХОМ, образуется сплошной металлизированный композитный образец толщиной до нескольких миллиметров. Большие углы поворота приводят к образованию трещин и раскалыванию образца. При малых углах поворотно-сдвиговой деформации образца композита приводит к металлизации, с появлением зеркальной поверхности.

Ключевые слова: композит WC-Co, деформации сдвига под давлением, холодный синтез, металлизация поверхности

Для достижения поставленных целей был использован гидравлический пресс ПГПР-10. В прессе установлен манометр, способный измерять давление до 250 бар.

А также для проведения экспериментов использовались сверхтвердые пуансоны, которые применялись для оказания давления и осуществления сдвига при повороте одной из наковален. Что бы обеспечить возможность поворота нижней наковальни, мы использовали упорный подшипник, которое было установлено под нижней наковальней.



Рисунок 1 – Рабочая установка

Опыты с порошком WC-Co являются для нас самыми важными,

поэтому перед нами стояли следующие цели:

- проверить возможность детонации на порошке WC-Co с помощью деформации сдвига под давлением;
- проверить принципиальную возможность холодного синтеза композита WC-Co;
- разработать методику создания образцов, обладающих лучшими качествами, такими как: однородность структуры поверхности, отсутствие крупных трещин, твердость;
- разработать методику создания образцов с повышенной толщиной;
- произвести анализ полученных образцов композита WC-Co по структуре и метрологии.

Главное отличие порошка WC-Co от чистого порошка WC, это наличие связующего вещества кобальта, он обладает меньшей твердостью. Поэтому энергия упругих напряжений, высвобождаемая при деформации сдвига, может затрачиваться на пластификацию кобальта. В этом и заключается наша теория.

Эта теория была подтверждена на практике. Мы перепробовали множество методик, но не смогли добиться громкого хлопка, который свидетельствовал бы о детонации. Зато мы раз за разом получали твёрдые образцы с эффектом металлизации. Важно отметить, что при использовании обычного прессования без деформации сдвига результаты были гораздо хуже: образцы получались меньше и легче разрушались.

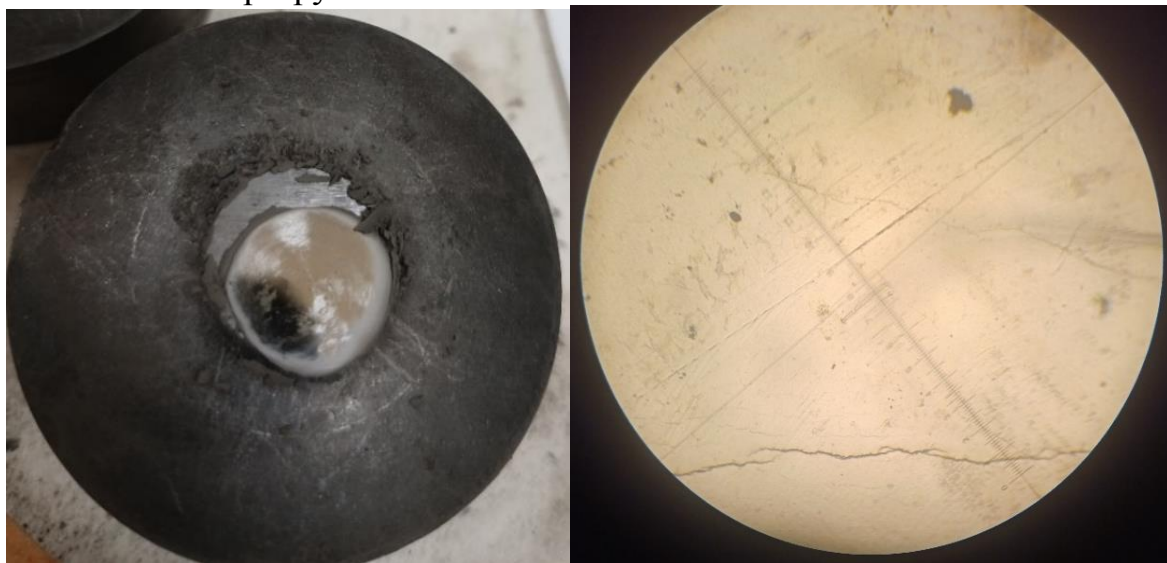


Рисунок 2 – Пример образца и его снимок под оптическим микроскопом при увеличении $\times 100$

Образцы исследовались с помощью металлографического микроскопа. Это специальные устройства, которые используются в научно-исследовательских и производственных лабораториях для изучения структуры металлов, металлических сплавов и других твёрдых тел, пропускающих или не пропускающих свет.

Металлографический микроскоп даёт возможность исследовать объекты методами светлого или тёмного поля, а также проводить исследования в

поляризованном свете.



Рисунок 3 – Трещина в образце карбида вольфрама с кобальтом при увеличении $\times 100$ и край образца с трещиной при увеличении $\times 100$

На этих снимках отлично видны следы поворота, а также крупные трещины, что свидетельствует о не совершенности оборудовании для проведения подобных опытов. Но есть и положительные стороны. Явно видна металлизация поверхности, а это в свою очередь говорит о том, что в процессе деформационного кобальт принял «текучую» форму и заполнил образовавшиеся пустоты. Также был применён метод атомно-силовой микроскопии.

С его помощью удалось получить качественные изображения, хотя первые попытки не увенчались успехом из-за помех от остатков порошка на образце. При большем увеличении мы обнаружили область с минимальными помехами.



Рисунок 4 – Снимок поверхности WC-Co

На рисунке 4 можно увидеть гладкую поверхность, на которой расположены сферические объекты схожего размера. Вероятнее всего, это

частицы карбида вольфрама. Также заметно уплотнение структуры: кобальт заполняет пространство вокруг карбида вольфрама и надёжно связывает его. Были проведены измерения размеров неровностей на поверхности образца.



Рисунок 5 – Размер среднего сферического объекта

Список литературы

1. Панов, В.С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них: Учеб. пособие / В.С. Панов, В.А. Фальковский, А.М. Чувилин. – 2–е изд. – М.: МИСИС, 2004. – 464 с.
2. Левинский, Ю.В. Металлические порошки и порошковые материалы: справочник / Под ред. Ю.В. Левинского. – М.:ЭКОМЕТ. – 2005. – 520 с.
3. Технология получения нанопорошка карбида вольфрама / Д. С. Терентьев, В. А. Батаев, Д. С. Никулина, А. А. Разумаков // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2011. – № 2. – С. 60–63.
4. Терентьев, Д. С. Технология получения нанопорошка карбида вольфрама / Д. С. Терентьев, И. Ю. Резанов, А. А. Разумаков // Наука. Технологии. Инновации: материалы Всерос. науч. конф. молодых ученых, Новосибирск, – Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2011 г.– С. 178–180.
5. Панов, В.С., Сердюченко К.Ю. Роль пластификатора в производстве твердых сплавов // Изв. Вузов. Цв. Metallургия. – 2004. – №5. – С. 55
6. Панов, В.С., Сердюченко К.Ю. Исследование закономерностей прессования ... // Изв. Вузов. Цв. Metallургия. – 2006. – №6.
7. Злобин, Г.П. Формование изделий из порошков твёрдых сплавов. / Злобин, Г.П. – М.: Metallургия. – 1980. – 224 с.
8. Третьяков, В.И. Основы металловедения и технологии производства спечённых твёрдых сплавов. / Третьяков В.И. // – М.: Metallургия. – 528 с.
9. Поведение наноразмерных частиц карбида вольфрама при высокотемпературном нагреве / В. Г. Буров, Д. С. Терентьев, А. А. Дробяз, И. А. Батаев // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2012. – № 1. – С. 107–109.
10. Осколкова, Т.Н. Карбидовольфрамовые твердые сплавы триботехнического назначения // Вестник СибГИУ. – 2016. – №2 (16).

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСЧЁТА ХАРАКТЕРИСТИК ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ПРИМЕРЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (ГЭ) И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (ТЭ)

Жарикова М.Н.¹, Знатдинов В.Р.^{1,2}, Милейшев А.К.¹,

¹Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение города Москвы «Образовательный комплекс «Юго-Запад»,

²Образовательная автономная некоммерческая организация высшего образования "Московский технологический институт»

Прогресс в области электрических устройств не стоит на месте. Ежедневно на рынок выходят новые смартфоны, планшеты, ноутбуки. На протяжении последних лет в нашей жизни завоевывают место электромобили, и каждому из этих устройств нужен источник электроэнергии. Источники энергии бывают разные: аккумуляторные батареи, гальванические элементы или топливные ячейки. Они имеют разные характеристики, размеры и массу, но примерно одинаковую конструкцию. Поэтому можно рассчитать и сделать вариант, подходящий почти под любое устройство.

Но часто для того, чтобы рассчитать характеристики такой модели топливной ячейки, используется специализированное программное обеспечение, специально подготовленное под такие расчеты. Например, необходим точный расчёт электротермических характеристик источника электроэнергии во избежание снижения коэффициента полезного действия (КПД).

Целью исследования является создание программы для расчёта характеристик химических источников электрического тока (топливных и гальванических элементов). Данное программное обеспечение необходимо для сокращения временных затрат на расчеты параметров гальванических и топливных элементов.

Основными характеристиками химических источников электрического тока являются напряжение, максимальный допустимый ток разряда, температурный диапазон работоспособности.

Электрический ток в топливных элементах возникает благодаря окислительно-восстановительным реакциям электродах (в процессе работы происходит: окисление — на аноде, восстановление — на катоде). Во всех алюминиево-воздушных ТЭ реакции протекают на поверхности воздушного катода (графит, активированный уголь) и алюминиевого анода. Также без нагрузки в алюминиево-воздушных ТЭ протекает реакция саморазряда (электролит взаимодействует с алюминиевым анодом) с выделением водорода. Чтобы исключить саморазряд требуется слить электролит из топливной ячейки.

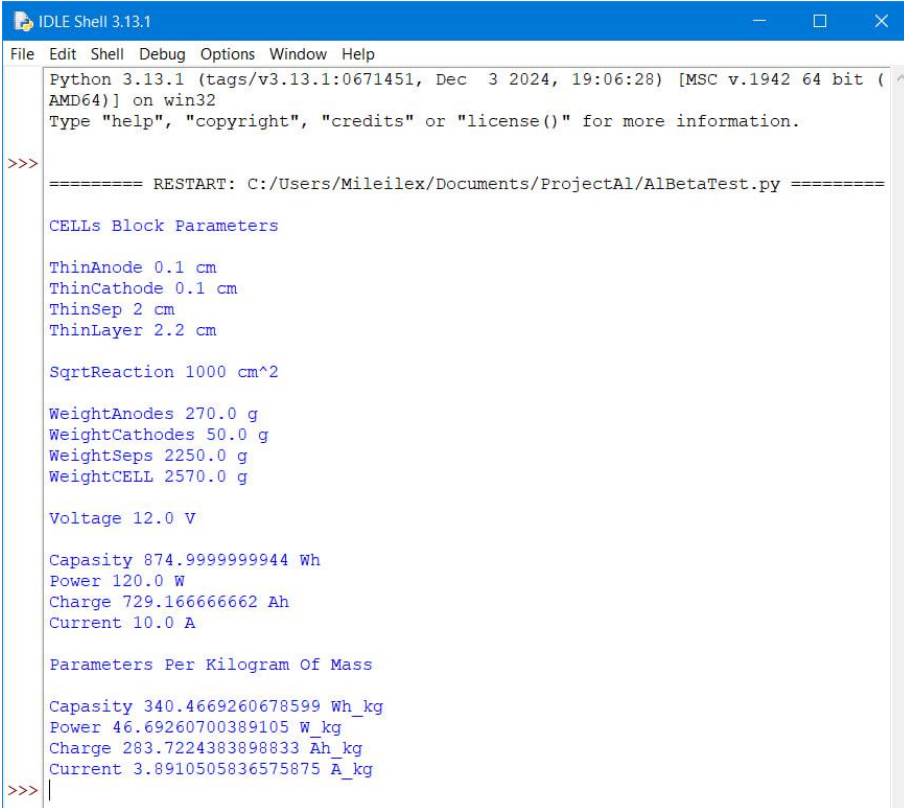
В ГЭ происходит аналогичная окислительно-восстановительная реакция, но электродами являются металлы. На каждом из электродов протекает полу реакция: восстановления на электроде-окислители окисления на электроде-

восстановителе. Сумма этих двух полу реакций дает поток катионов через электролит и разность электрических потенциалов на электродах. При подключении внешней нагрузки по цепи начинает течь ток. Так химическая энергия переходит в электрическую.

Основными параметрами ТЭ и ГЭ являются напряжение, ёмкость, КПД, мощность и токовые нагрузки. Напряжение одной ячейки зависит от материала электродов и химического состава электролитов. Ёмкость зависит от объёма электродов и удельной энергоёмкости их материала. КПД в основном зависит от состава электролита. На мощность и токовые нагрузки влияет площадь химической реакции на электродах.

Для автоматизации расчёта этих параметров мы разработали специальную программу. В основе неё лежит математическая модель, описывающая взаимосвязь между параметрами при помощи формул. При запуске программа требует ввести входные параметры ячейки. После ввода параметров, обрабатывают алгоритмы, которые рассчитывают выходные характеристики ячейки и результаты выводятся на экран.

Математическая модель включает в себя несколько формул, среди которых: расчёт объёма и массы материалов электродов, вычисление плотности энергии на единицу массы и выходные показатели электроэнергии вырабатываемой ячейкой. Вычисление этих параметров позволяет легко масштабировать ячейки и экспериментировать с их конструкцией прямо в программе.



```
Python 3.13.1 (tags/v3.13.1:0671451, Dec 3 2024, 19:06:28) [MSC v.1942 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.

>>>
===== RESTART: C:/Users/Mileilex/Documents/ProjectAl/AlBetaTest.py =====

CELLs Block Parameters

ThinAnode 0.1 cm
ThinCathode 0.1 cm
ThinSep 2 cm
ThinLayer 2.2 cm

SqrtReaction 1000 cm^2

WeightAnodes 270.0 g
WeightCathodes 50.0 g
WeightSepts 2250.0 g
WeightCELL 2570.0 g

Voltage 12.0 V

Capacity 874.9999999944 Wh
Power 120.0 W
Charge 729.166666662 Ah
Current 10.0 A

Parameters Per Kilogram Of Mass

Capacity 340.4669260678599 Wh_kg
Power 46.69260700389105 W_kg
Charge 283.7224383898833 Ah_kg
Current 3.8910505836575875 A_kg

>>>
```

Рисунок 1 – Программа на языке Python 3

Показатели энергии на килограмм позволяют сравнивать эффективность

ячейки с коммерческими образцами, добиваться лучших характеристик и подстраивать ячейку под нужные требования в зависимости от условий использования. Таким образом программа позволяет оптимизировать процесс расчёта характеристик топливного или гальванического элемента для различных задач.

В заключение можно отметить, что разработанное программное обеспечение для расчета характеристик химических источников электрического тока, таких как топливные и гальванические элементы, представляет собой мощный инструмент для автоматизации и оптимизации расчетов. Программа базируется на математической модели, учитывающей ключевые параметры ячеек, такие как напряжение, мощность, ёмкость и КПД, а также их взаимосвязь с материалами и геометрическими характеристиками элементов. Система позволяет эффективно проводить моделирование, тестировать различные конфигурации материалов и конструкций, а также сравнивать полученные результаты с коммерческими образцами. Это открывает возможности для повышения эффективности источников энергии и адаптации их под конкретные требования и условия эксплуатации. Применение такого подхода значительно сокращает время на выполнение расчетов и экспериментальные проверки, способствуя прогрессу в области разработки новых источников энергии.

Список литературы

1. Скроцкая, О. С. Рязанские аккумуляторы ШТАРК АГНГ: настоящий русский гель / О. С. Скроцкая // Автоматика, связь, информатика. – 2023. – № 10. – С. 13-14. – EDN GAMXSU.
2. Гайдук, С. В. Мировые тенденции развития электротранспорта / С. В. Гайдук, Е. В. Мирошниченко, А. С. Петула // Энергетические установки и технологии. – 2023. – Т. 9, № 1. – С. 108-114. – EDN ZJKSVW.
3. Герасимов, С. А. Эксперименты с темновым электрическим током и манипуляции со вторым началом термодинамики / С. А. Герасимов // Учебная физика. – 2022. – № 2. – С. 35-41. – EDN DVZUNE.
4. Терещук, В. С. Электролиз с нестандартными электродами / В. С. Терещук // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2024. – № 8(425). – С. 85-92. – DOI 10.15518/isjaee.2024.08.085-092. – EDN BDULWZ.
5. Первичные химические источники тока в исследованиях последних лет: обзор / Т. В. Крупина, Д. С. Ермаков, А. О. Жбаков [и др.] // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. – 2022. – Т. 14, № 2. – С. 127-142. – DOI 10.17725/rensit.2022.14.127. – EDN XSKOKZ.
6. Костенко, М.М. Сравнение программного обеспечения для математического моделирования // Научн. и тех. творч. молодёжи: материалы Всерос. научно-практ. конф. с международным участием, Новосибирск, 19–20 апреля 2023 года. Т. 1. – Новосибирск: СибГУ телекоммуникаций и информатики, 2023. – С. 9-12. – DOI 10.55648/978-5-91434-084-8-2023-16-21.

СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ УДАРНЫХ ВОЛН И АНТИБИОТИКОВ НА БАКТЕРИИ *PSEUDOMONAS AERUGINOSA* В БИОПЛЕНКАХ

Ишемгулов А.Т., канд. физ.-мат. наук,
Летута С.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор,
Давыдова О.К., канд. биол. наук, доцент, Григорьев М.Е.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Бактерии *Pseudomonas aeruginosa* вызывают тяжёлые гнойные инфекции (гангрена, гангренозная эктима, хронические раны), при этом они устойчивы к большинству антибактериальных препаратов, что затрудняет лечение и восстановление пациентов [1]. Устойчивость микроорганизмов к антибиотикам во многом обусловлена образованием биоплёнок, из-за которых затрудняется проникновение противомикробных средств непосредственно к бактериальным клеткам. В настоящее время идёт активный поиск методов эффективного подавления активности бактериальных клеток в биоплёнках. Авторами [2-3] показано, что у планктонных микроорганизмов можно повысить проницаемость мембран, в том числе для антибиотиков, путем воздействия на бактерии ударными волнами. Такие волны в жидких средах, содержащих термосенсибилизаторы, несложно сгенерировать путем локального нагрева среды короткими лазерными импульсами. В настоящей работе ударные волны рассматриваются как способ усиления действия антибиотиков против *P. aeruginosa* в бактериальных пленках.

Для получения мономикробных биопленок *P. aeruginosa* готовили суспензию клеток по стандарту мутности МакФарланда 0.5, которую в объеме 1 мл смешивали в стерильной чашке Петри с 20 мл ЦПХ-бульона и ЦПХ-агара (Россия), взятыми в соотношении 1:1, и инкубировали 24 часа при температуре 37⁰С. Качество биоплёнки оценивали по равномерной сине-зеленой окраске питательной среды пигментом, вырабатываемым *P. aeruginosa*. С помощью пробойника диаметром 5 мм из агаровой подложки со сформированной на её поверхности биопленкой вырезали одинаковые блоки, которые помещали в физраствор с родамином С концентрации 0,5 мМ, позиционируя поверхностью с клетками фронтально по отношению к воздействию фактору (ударные волны, облучение).

Поглощение света длины волны 532 нм (2-я гармоника лазера на ИАГ) молекулами родамина С приводит к заселению их электронных S_1 -состояний. При плотности мощности лазерного излучения свыше 5-7 МВт/см² в результате ступенчатого поглощения $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_n$ заселяются высокие S_n состояния молекул. Релаксация $S_1 \rightarrow S_0$ родамина С преимущественно излучательная, но переходы $S_n \rightarrow S_1$ безызлучательные и сопровождаются выделением тепла за относительно короткое время (менее 10⁻¹⁰ с). Быстрый локальный нагрев среды вызывает ударную волну [3].

В экспериментах использовались две группы антибиотиков: цефалоспорины и тетрациклины, отличающиеся механизмами антимикробного действия.

Цефтриаксон (Фармконцепт, Россия), входящий в группу цефалоспоринов, оказывает бактерицидное действие за счет ингибирования синтеза клеточной стенки бактерий, обладает высокой способностью проникать в клетку и устойчив к защитным механизмам клетки, а также, согласно клиническим рекомендациям [4], эффективен против *P. aeruginosa*.

Тетрациклин (Sigma-Aldrich, США), из группы тетрациклинов, ингибирует синтез белка путём связывания с рибосомами, однако имеет низкую проницаемость через внешнюю мембрану и, поэтому неэффективен против *P. aeruginosa* [5].

Биоплёнки погружались в кювету с раствором родамина С (0,2 мМ) и разными концентрациями антибиотиков (0, 5, 50, 500, 5000 мкг/мл). Лазерное излучение (длительность импульса 10 нс, плотность мощности 10 МВт/см²) фокусировалось вблизи боковой стенки кюветы. В зоне возбуждения формировались ударные волны, которые распространялись по всему объёму кюветы. Биоплёнка размещалась на расстоянии 10 мм от зоны возбуждения для исключения прямого воздействия лазерного излучения на бактерии. Сразу после погружения блока с биоплёнкой, раствор облучался 1000 лазерными импульсами (с частотой 10 Гц). После обработки ударными волнами плёнка выдерживалась в растворе антибиотиков в течение 3, 10 или 30 мин.

После выдержки в кювете блок с биоплёнкой извлекался из кюветы, помещался в 1 мл физраствора и ресуспендировался в течение 1 минуты. Полученная суспензия клеток разводилась в 10¹⁰ раз и высевалась на ЦПХ-агар. После инкубации при температуре 37⁰С в течение 24 часов подсчитывались колониеобразующие единицы (КОЕ) (рисунок 1).

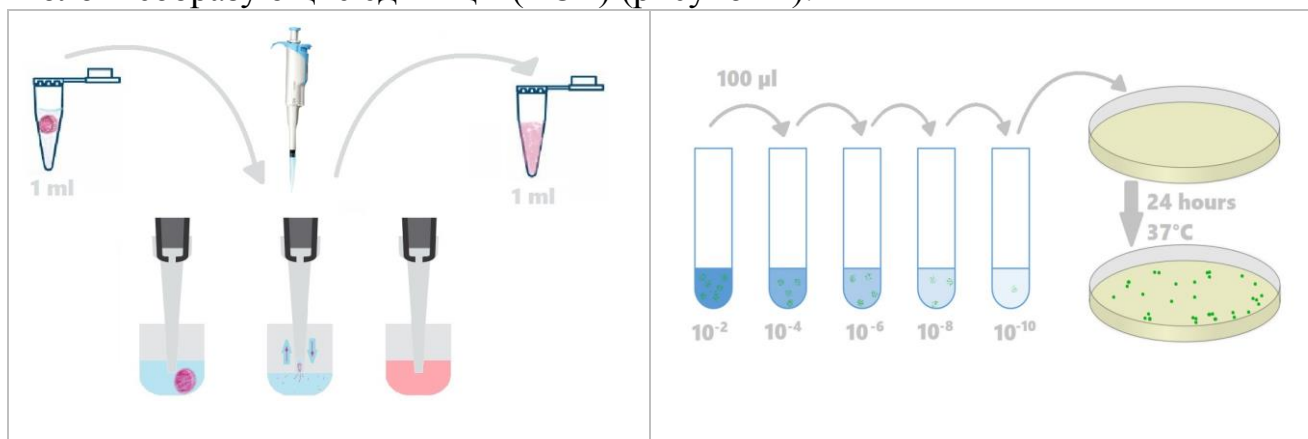


Рисунок 1 – Схема ресуспендирования, разведения и посева клеток из биопленок *P. aeruginosa*

При действии только ударных волн наблюдалось снижение жизнеспособных клеток в плёнке примерно в два раза (рисунок 2). Механизм воздействия ударных волн на биоплёнки, по-видимому, заключается в их способности разрушать биопленки по механизму абляции, механически

разделять образовавшиеся фрагменты на жизнеспособные бактерии, и повреждать планктонные микроорганизмы. [2].

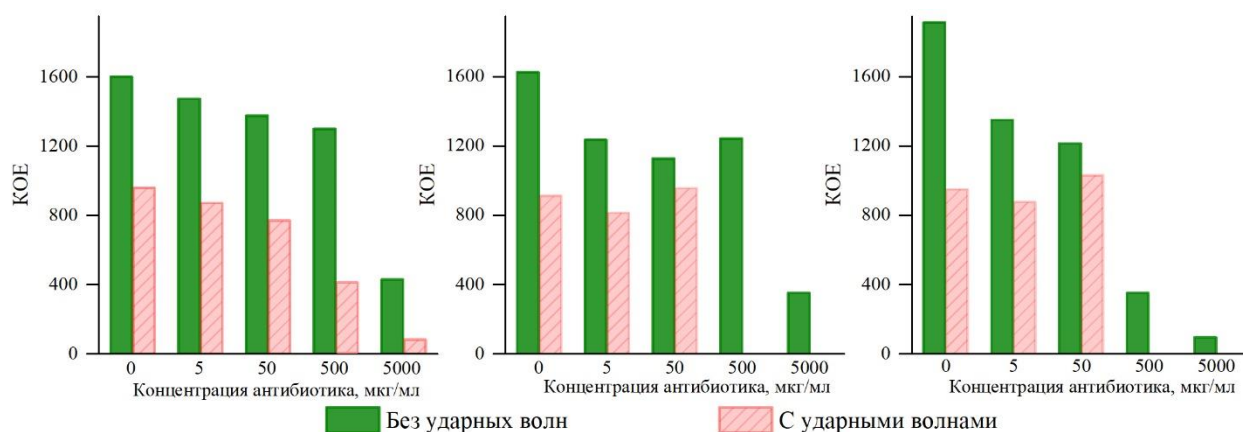


Рисунок 2 – КОЕ бактерий из биоплёнки, помещённой в раствор с тетрациклином различной концентрации с выдержкой 3 (слева), 10 (в центре) и 30 (справа) минут

По мере роста концентрации тетрациклина в растворе наблюдалось уменьшение жизнеспособных микроорганизмов в плёнке: при выдержке 3 минуты уменьшение в максимальной концентрации антибиотика почти в четыре раза, при выдержке 30 минут – почти в двадцать раз.

После обработки ударными волнами во всех случаях наблюдалось снижение КОЕ, особенно заметное при высоких концентрациях антибиотика – вплоть до полного подавления роста при выдержке 10 и 30 минут после облучения при концентрациях 500 и 5000 мкг/мл. Обращает на себя внимание факт, что при этих концентрациях сочетанное действие ударных волн и 3-минутной выдержки в антибиотике оказывает примерно такой же антимикробный эффект, как 30-минутная выдержка в той же концентрации без ударных волн.

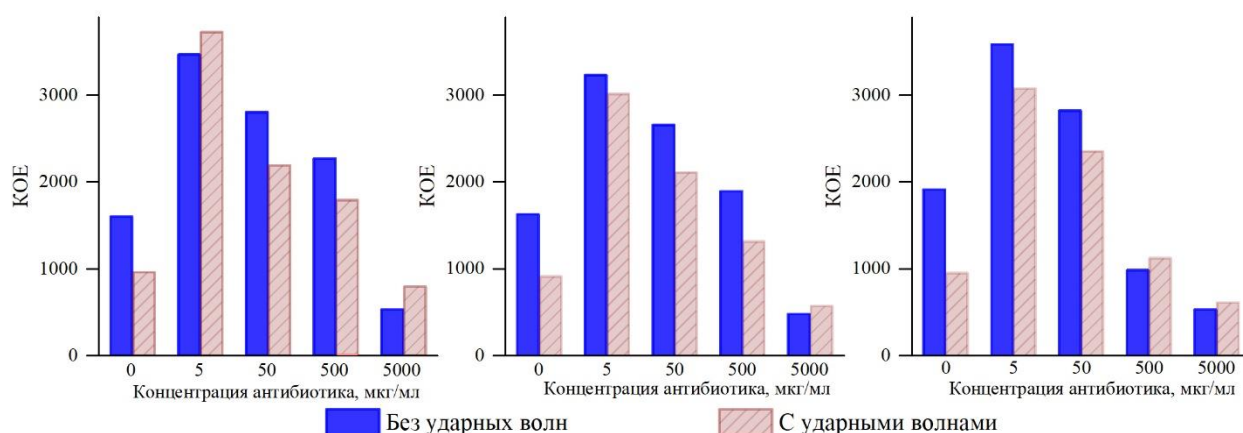


Рисунок 3 – КОЕ бактерий из биоплёнки, помещённой в раствор с цефтриаксоном различной концентрации с выдержкой 3 (слева), 10 (в центре) и 30 (справа) минут

Действие цефтриаксона в аналогичных условиях не зависело от времени выдержки и, не усиливалось при сочетанном действии ударных волн, отражая тем самым зависимость только от концентрации антибиотика (рисунок 3).

Установлено, что при высоких концентрациях тетрациклина (500 и 5000 мг/мл) и длительной экспозиции (30 минут) погибает около 65-75 % бактерий. После воздействия ударных волн этот показатель увеличивается до 100 %. При 10-минутной выдержке в растворе с максимальной концентрацией тетрациклина погибает примерно 68-70 % клеток, после обработки ударными волнами – 100 %.

В отличие от тетрациклина при использовании цефтриаксона такие эффекты не наблюдаются. Это объясняется различием механизмов действия данных антибиотиков на клетку и косвенно указывает на пермеабиллизацию клеточной мембраны под действием ударных волн с последующим проникновением тетрациклина в цитоплазму. Действие тетрациклина усиливается при связывании с внутриклеточным аппаратом синтеза белка. Мишенью действия цефтриаксона являются периплазматические бета-лактамы, находящиеся сразу под клеточной стенкой на внешней стороне билипидного слоя ЦПМ.

Таким образом, предварительная обработка биопленок *P. aeruginosa* ударными волнами существенно повышает эффективность инактивации бактерий. Для полной инактивации бактерий в биопленках в сочетании с ударными волнами можно использовать небольшую концентрацию широко распространенного и доступного антибиотика тетрациклина, что, возможно, найдет применение при обработке поверхностей и инструмента, а также для подавления антибиотикорезистентных форм микроорганизмов.

Список литературы

1. Malcahy, L.R. *Pseudomonas aeruginosa* biofilms in disease / L.R. Mulcahy, V.M. Isabella, K. Lewis // *Microb.Ecol.* 2014. – 68(1). – P. 1-12.
2. Летута, С.Н. Пермеабиллизация мембран клеток *Pseudomonas aeruginosa* под действием ударных волн / С.Н. Летута, А.Т. Ишемгулов, О.К. Давыдова, А.Н. Никиян, М.Е. Григорьев // *Биофизика*, 2024. – Т. 69. – № 5. – С. 990–996.
3. Летута, С.Н. Инактивация планктонных микроорганизмов ударными акустическими волнами / С.Н. Летута, С.Н. Пашкевич, А.Т. Ишемгулов, А.Н. Никиян // *Журнал физической химии*, 2021. – Т. 95. – № 4. – С. 646–654.
4. AlBahrani, S. Pattern of cephalosporin and carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa*: a retrospective analysis / S. AlBahrani et al. // *IJID Reg.* 2023. – V. 10. – P. 31–34.
5. Zheng, Z. Synergistic Efficacy of *Aedes Aegypti* Antimicrobial Peptide Cecropin A2 and Tetracycline against *Pseudomonas Aeruginosa* / Z. Zheng et al. // *Antimicrob. Agents Chemother.* 2017. – V. 61. – P. e00686-17.

СИНТЕЗ КОМПОЗИТА WC–Co МЕТОДОМ ДЕФОРМАЦИИ СДВИГА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Королев Н.В.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Твёрдые сплавы представляют собой износостойкие материалы, которые сочетают в себе твёрдость керамики и металлов. Они сохраняют свои свойства при температуре от 900 до 1150 °С. Эти материалы используются для создания режущих и буровых инструментов.

Твёрдые сплавы играют важную роль в промышленности, поскольку без них было бы невозможно высокопроизводительное и экономически эффективное производство. Это обусловлено тем, что твёрдые сплавы обладают более высокой твёрдостью и износостойкостью по сравнению с другими материалами. Благодаря этим свойствам можно существенно повысить производительность оборудования и снизить себестоимость продукции.

Благодаря высокой твёрдости и износостойкости твёрдые сплавы подходят для обработки почти всех известных материалов — как металлических, так и неметаллических. Эти свойства также позволяют получать поверхности высокой чистоты и обеспечивать точность размеров. Твёрдый сплав способен работать долгое время без заметного износа [1-5].

Кроме того, твёрдые сплавы сохраняют режущие свойства при высоких температурах, что даёт возможность обрабатывать изделия на больших скоростях и с крупными сечениями стружки.

Сплавы WC–Co — самые прочные из спечённых твёрдых сплавов, но не всегда соответствуют требованиям по эксплуатационной стойкости. Износ и поломки твердосплавных элементов составляют 80 % от общего количества амортизированного инструмента. Это связано с проблемами, возникающими в процессе прессования и спекания.

Важно подчеркнуть, что на сегодняшний день альтернативы твёрдым сплавам не существует, а потребность в них только увеличивается, как и требования к ним. Поэтому создание новых методов производства таких сплавов, которые улучшат или заменят стандартные способы изготовления, будет способствовать прогрессу в этой отрасли промышленности. В этом заключается актуальность нашего исследования [6-7].

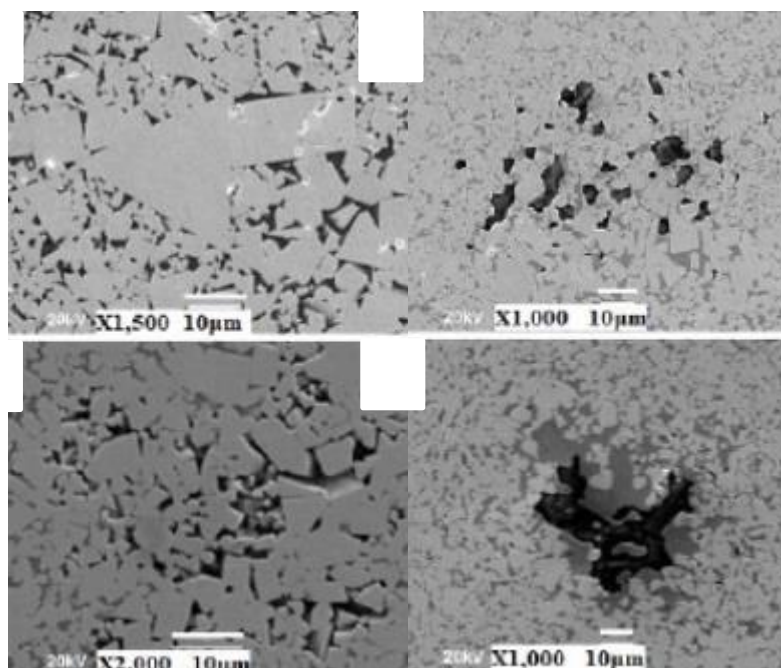
Исходя из вышесказанного, можно сформулировать основную цель работы: разработать альтернативную технологию производства твёрдых сплавов WC–Co, проверить возможность холодного синтеза композита и проанализировать полученные образцы.

Твёрдый сплав WC–Co представляют собой композиционный материал, состоящий из зерен карбида вольфрама и связующей фазы на основе кобальта. Процесс изготовления сплава включает в себя несколько этапов:

- изготовление смеси порошков WC–Co и пластификатора;
- прессование заготовки;
- спекание в печах при определённых температурах.

Производственный процесс, описанный выше, имеет ряд недостатков, которые ухудшают качество сплава. Рассмотрим некоторые из них подробнее.

Как уже упоминалось, из-за низкой пластичности порошка WC–Co приходится использовать пластификатор. В промышленности чаще всего применяют раствор синтетического каучука в бензине. Он придаёт смеси хорошую текучесть, что важно при использовании в пресс-автоматах. Однако недостатком этого типа пластификаторов является то, что каучук не полностью удаляется из изделия после спекания, оставляя свободный углерод. Существуют пластификаторы без этого недостатка — смеси с парафином. Но их использование затруднительно из-за невозможности применения в пресс-автоматах из-за низкой текучести смеси [8].



а – крупные кристаллы карбида вольфрама и их скопление; б – пористость; в – свободный углерод; г – двойной карбид (CoW)₃C

Рисунок 1 – Дефекты в структуре твердого сплава

Спекание важный технический процесс, но опасный из-за побочных эффектов (рисунок 1). Такими являются: высокая пористость заготовки, дефекты микроструктуры в виде больших кристаллов и их скоплений, большое присутствие включений двойного карбида (CoW)₃C, наличие свободного углерода [9-10].

Из-за перечисленных недостатков прочностные свойства сплава ухудшаются, и изделия из него получаются хрупкими и быстро приходят в негодность. Кроме того, становится сложно предсказать срок службы изделия.

Поэтому важно упростить процесс спекания или найти альтернативные способы производства твёрдых сплавов. Один из возможных способов —

синтез композита WC-Co методом сдвиговой деформации.

В качестве экспериментальной установки мы использовали гидравлический пресс ПГПР-10 (рисунок 2). Устройство состоит из большого цилиндра с рабочим поршнем и малого цилиндра с насосом и поршнем, которые расположены в корпусе пресса. Также имеется манометр, рассчитанный на давление до 19,6–24,5 МПа. Таким образом, давление на образец составляет 8 т/см² при 200 бар на манометре. Давление накачивается с помощью рукояти.

Ключевыми элементами установки были два пуансона из твёрдого сплава. Они обеспечивали давление и создавали сдвиг при повороте нижней наковальни.

Чтобы осуществить поворот, между двумя дисками под наковальной поместили кольцо с подшипниками. Вращение происходило за счёт газового ключа.

Для надёжной фиксации установки во время вращения газового ключа использовали металлическую сварную раму. В неё устанавливали пресс и крепили к столу струбцинами.

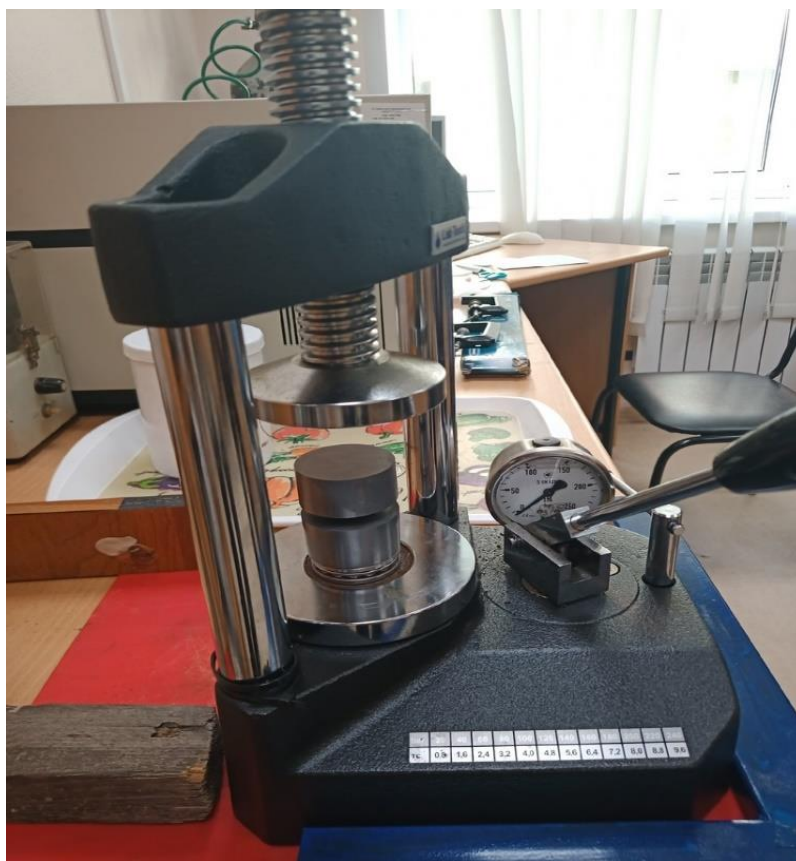


Рисунок 2 – Рабочая установка

Сначала мы экспериментировали с аморфным углеродом. В ходе работы мы освоили оборудование и отработали методику получения образцов.

Затем мы перешли к опытам с порошком WC-Co. Мы перепробовали множество разных способов создания образцов, пока не пришли к

окончательной методике, которая давала наилучший результат (рисунок 3). Она заключалась в следующем:

- насыпка порошка на пуансон, масса порошка 0.2–0.3 грамм, утрамбовка вторым пуансоном;
- установка получившейся конструкции в рабочую зону пресса;
- замеры усадки до прессования, нагнетание давления до 200 бар;
- создание деформации сдвига посредством поворота нижней наковальни, угол поворота должен быть минимальным;
- замер усадки образца после прессования, плавный сброс давления, в особенности последних 20 бар;
- очистка образца от остатков порошка, измерение толщины, массы, осмотр поверхности на наличие крупных трещин.

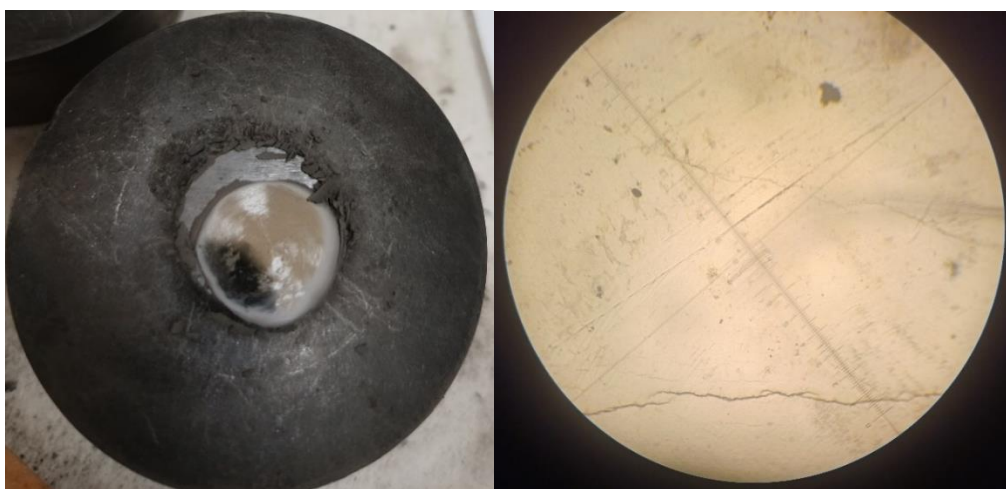


Рисунок 3 – Пример образца, полученного по стандартной методике, и его снимок под оптическим микроскопом при увеличении $\times 100$

Мы предполагаем, что энергия упругих напряжений, которая высвобождается при деформации сдвига, может быть использована для придания кобальту пластичности.

Эта гипотеза была подтверждена на практике. Мы перепробовали множество методов и не смогли добиться детонации, о которой свидетельствовал бы громкий хлопок. Вместо этого мы снова и снова получали твёрдые металлизированные образцы. Важно отметить, что без деформации сдвига (при обычном прессовании) образцы получались хуже: они были меньше по размеру и легче разрушались.

Как итог, нам удалось получить устойчивые образцы композита WC-Co и провести анализ его поверхности.

Список литературы

1. Панов, В.С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них: Учеб. пособие / В.С. Панов, В.А. Фальковский, А.М. Чувилин. – 2-е изд. – М.: МИСИС, 2004. – 464 с.
2. Левинский, Ю.В. Металлические порошки и порошковые материалы:

справочник / Под ред. Ю.В. Левинского. – М.:ЭКОМЕТ. – 2005. – 520 с.

3. Технология получения нанопорошка карбида вольфрама / Д. С. Терентьев, В. А. Батаев, Д. С. Никулина, А. А. Разумаков // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2011. – № 2. – С. 60–63.

4. Терентьев, Д. С. Технология получения нанопорошка карбида вольфрама / Д. С. Терентьев, И. Ю. Резанов, А. А. Разумаков // Наука. Технологии. Инновации: материалы Всерос. науч. конф. молодых ученых, Новосибирск, – Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2011 г. – С. 178–180.

5. Панов, В.С., Сердюченко, К.Ю. Роль пластификатора в производстве твердых сплавов // Изв. Вузов. Цв. Metallургия. – 2004. – №5. – С. 55

6. Панов, В.С., Сердюченко, К.Ю. Исследование закономерностей прессования твердосплавных смесей с различными пластификаторами // Изв. Вузов. Цв. Metallургия. – 2006. – №6.

7. Злобин, Г.П. Формование изделий из порошков твердых сплавов. – М.: Metallургия. – 1980. – 224 с.

8. Третьяков, В.И. Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов. – М.: Metallургия. – 528 с.

9. Поведение наноразмерных частиц карбида вольфрама при высокотемпературном нагреве / В. Г. Буров, Д. С. Терентьев, А. А. Дробяз, И. А. Батаев // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2012. – № 1. – С. 107–109.

10. Осколкова, Т.Н. Карбидовольфрамовые твердые сплавы триботехнического назначения / Вестник СибГИУ. – 2016. – №2 (16).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ ШКОЛЬНОГО, ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО И ВУЗОВСКОГО ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТА-БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА ПО ФИЗИКЕ

**Кучеренко М.А., канд. пед. наук, Огерчук А.А., канд. пед. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Одним из условий формирования профессиональных компетенций студентов инженерно-технических направлений подготовки является освоение курса физики на фундаментальном уровне в рамках одного (двух) семестров университетского обучения. Под фундаментальностью вузовского курса физики мы будем понимать:

1. Отбор содержания и его представление в соответствии с логической структурой физического знания (эмпирический и теоретический уровень) и с динамической моделью физического познания (опытные факты - философские идеи - физическая картина мира). [1]

2. Структурирование элементов курса на основе выделения предметной, методологической, мировоззренческой и информационно-математической составляющих. [2]

3. Акцентирование в современных фундаментальных знаниях студента нелинейного синергетического и «понимающего» герменевтического мировидения посредством реализации известных или проектирования собственных методических моделей физического образования. [3], [4], [5].

Указанные компоненты могут быть обеспечены, на наш взгляд, следующими, первоочередными условиями:

1. Представление о содержании субъектного опыта первокурсника в области физики (имеющиеся понятия, принципы, законы, методологические знания, представление об истории развития науки). Очевидно, что такой опыт формируется, прежде всего, на основе Федеральных рабочих программ среднего общего образования базового или углубленного уровня, на различных ступенях обучения учащегося.

2. Наличие универсальной примерной программы дисциплины «Физика» для ФГОС-3-го поколения для бакалавров. [6]. Именно эта программа должна на современном этапе трансформации высшего образования стать основой проектирования преподавателем рабочей программы, с учетом пре- и постреквизитов, а также «Требований к результатам обучения по дисциплине» определенного направления подготовки.

3. Постоянное самообразование преподавателя с ориентацией на дидактические (научность, последовательность, системность, преемственность, связь теории с практикой, сознательность, доступность, прочность, наглядность, индивидуальный подход к обучающемуся) и герменевтические принципы «понимающей» педагогики (диалогового и контекстуального

подходов, лучшего понимания, герменевтического круга). [7]

Рассмотрим первое условие обеспечения фундаментальности физического образования в контексте моделирования как первого этапа педагогического проектирования. Формой такого проектирования в данном ключе является рабочая программа дисциплины «Физика» для студентов инженерно-технических направлений подготовки.

Началом педагогического проектирования преподавателя вуза должно стать, по нашему мнению, изучение содержания обучения выпускника средней (полной) школы по физике. Проиллюстрируем далее возможный вариант такого изучения. Для этого выделим тему 11-го класса «Механические и электромагнитные волны» в разделе «Колебания и волны» и представим ее структурно-содержательный анализ в разработанной нами таблице. Основанием для составления таблицы является Федеральная рабочая программа среднего общего образования «Физика» для 10-11 классов образовательных организаций (базовый уровень).

Таблица 1 – Структурно-содержательный анализ темы «Механические и электромагнитные волны» (11 класс; 5 ч.)

| <i>Основания теории</i> | <i>Ядро теории</i> | <i>Выводы теории</i> | <i>Применение теории. Межпредметные связи.</i> | <i>Планируемые результаты освоения программы по физике на уровне среднего общего образования</i> |
|--|--|--|--|---|
| 1.Образование и распространение поперечных и продольных волн. 2.Колебл ющееся тело как источник звука. 3.Наблюдение отражения и преломления механических волн. 4.Наблюдение | 1.Механические волны, условия распространения. Период. Скорость распространения и длина волны. 2.Поперечные и продольные волны. Интерференция и дифракция механических волн. 3.3 | <i>Аналогия</i> между механическими и электромагнитными колебаниями и волнами на основе математического анализа (терминология, формулы, природа возникновения, графическ | 1.Применение электромагнитных волн в технике и быту. 2.Принципы радиосвязи и телевидения. 3. Радиолокация. 4.Электромагнитное загрязнение окружающей среды. 5.Технические устройства и практическое применение: музыкальные инструменты, ультразвуковая диагностика в технике и медицине, радар, радиоприёмник, телевизор, антенна, телефон, СВЧ-печь. | 1. Личностные (гражданского, патриотического, духовно-нравственного, эстетического, трудового и экологического воспитания; ценности научного познания). 2. Метапредметные результаты; базовые логические и исследовательские действия; работа с информацией; коммуникативные и регулятивные универсальные учебные действия; самоконтроль и эмоциональный интеллект). 3. Предметные результаты: 1)демонстрировать на примерах роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в развитии современной техники и технологий, в практической деятельности людей; 2) распознавать |

| | | | | |
|---|--|--|---|--|
| <p>интерференции и дифракции и механических волн. 5.Звуковой резонанс. 6.Наблюдение связи громкости и звука и высоты тона с амплитудой и частотой колебаний. 7.Исследование свойств электромагнитных волн: отражение, преломление, поляризация, дифракция, интерференция.</p> | <p>вук. Скорость звука. Громкость звука. Высота тона. Тембр звука. 4.Электромагнитные волны. Условия излучения электромагнитных волн. Взаимная ориентация векторов E, B, v в электромагнитной волне. 5.Свойства электромагнитных волн: отражение, преломление, поляризация, дифракция, интерференция. Скорость электромагнитных волн. 6. Шкала электромагнитных волн.</p> | <p>ое представление). Создание сравнительной таблицы «Механические и электромагнитные волны»</p> | <p><i>Межпредметные понятия,</i> связанные с изучением методов научного познания: явление, научный факт, гипотеза, физическая величина, закон, теория, наблюдение, эксперимент, моделирование, модель, измерение. <i>Математика:</i> тригонометрические функции: синус, косинус, тангенс, котангенс, основное тригонометрическое тождество, векторы и их проекции на оси координат, сложение векторов, производные элементарных функций. <i>Биология:</i> колебательные движения в живой природе. <i>Технология:</i> линии электропередач, генератор переменного тока, электродвигатель, радар, радиоприёмник, телевизор, антенна, телефон, СВЧ-печь.</p> | <p>физические явления (процессы) и объяснять их на основе законов электродинамики; 3) описывать изученные явления (процессы), используя физические величины: период и частота колебаний в колебательном контуре, заряд и сила тока в процессе гармонических электромагнитных колебаний; 4)выполнять эксперименты по исследованию физических явлений и процессов с использованием прямых, и косвенных измерений; 5)решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью; 6) решать качественные задачи; 7)использовать при решении учебных задач современные информационные технологии; 8)объяснять принципы действия машин, приборов и технических устройств; 9) приводить примеры вклада российских и зарубежных учёных-физиков в развитие науки, в объяснение процессов окружающего мира, в развитие техники и технологий; 10) использовать теоретические знания по физике в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с приборами и техническими устройствами 11) работать в группе с выполнением различных социальных ролей.</p> |
|---|--|--|---|--|

Обратим внимание на следующие особенности Федеральной рабочей программы, которая:

1. является определяющей для учителя физики, составляющего свою рабочую программу с учетом возможностей имеющихся у него ресурсов (цифровых и печатных учебно-методических материалов), методических подходов и педагогических технологий;

2. содержит обязательное предметное содержание и последовательность изучения учебного материала, тематическое планирование с указанием часов изучения разделов (тем) и основных видов деятельности;

3. не содержит конкретизацию планируемых предметных результатов обучения (знания, умения, навыки, понимание), оставляя для учителя возможность инициативы в организации системно-деятельностного обучения физике.

Добавим, что Федеральная рабочая программа для углубленного изучения темы «Механические и электромагнитные волны» рассчитана уже на 10 часов. При этом программа существенно дополнена содержательно и предполагает обязательное выполнение физического практикума, реализующего в том числе и задачи профессиональной ориентации.

В Университетской физико-математической школе реализуется дополнительная образовательная программа «Физика» для учащихся 10-11 классов школ г. Оренбурга. Содержание документа составлено на основе Программы по физике для школ (классов) с углубленным изучением предмета (10-11 классы; Ю.И. Дик, О.Ф. Кабардин, А.А. Пинский и др.). Составители программы, рассчитанной на 4 (8) академических часа в неделю, имея многолетний опыт преподавания в классах углубленного изучения физики, дополнили содержание темы «Механические и электромагнитные волны» такими вопросами, как:

1. Движение тел со сверхзвуковыми скоростями. Эффект Маха.

2. Стоячая волна. Собственные частоты колебаний тела.

Следует признать, что дополнительное образование по физике является гибким и динамичным. Оно дает возможность преподавателю проявлять инициативу в организации разноуровневой учебной работы. Однако, учебный процесс в рамках дополнительного образования сегодня вынужденно подстраивается под современные запросы учащихся и их родителей, в условиях, когда главной задачей выпускника становится необходимость успешного прохождения итоговой аттестации на едином государственном экзамене по физике. В связи с этим приоритетными становятся такие способы деятельности, как решение расчетных (с явно и неявно заданной моделью) и качественных задач (объяснение и предсказания физических явлений и процессов), а также практическое освоение учащимися набора ключевых методологических умений.

Преподаватель физики университета, опираясь на проведенный анализ Федеральной рабочей программы среднего общего образования «Физика» для 10-11 классов образовательных организаций (базовый уровень; углубленный

уровень) и на общие принципы ее построения (идеи целостности, генерализации, гуманитаризации, прикладной направленности и экологизации), сможет, по нашему мнению, осознанно обеспечить одну из составляющих фундаментализации физического образования – отбор и структурирование содержания теперь уже университетского курса физики посредством:

1. представления о том, что должно было быть сформировано у выпускника школы в процессе обучения физике в 9-11-х классах средней школы для дальнейшего углубления и расширения знаний теперь уже студента-первокурсника;

2. распределения часов по разделам рабочей программы «Физика» для инженерно-технических направлений подготовки с учетом новизны дидактических единиц курса для обучаемого;

3. выделение в курсе учебного материала, детально изучаемого в школе, для самостоятельной работы студента с опорой на триаду «Знаю-Умею-Углубляю знания, понимание, совершенствую умения»;

4. распределения тематики работ лабораторного практикума с учетом имеющегося у студента конкретного опыта школьного лабораторного исследования, что становится важным в условиях существующего объема аудиторной учебной деятельности студента.

В заключение отметим, что сравнительная, аналитическая и неформальная работа преподавателя с рабочими программами среднего общего, дополнительного и профессионального уровней обучения – это первый шаг в обеспечении фундаментального образования студента-будущего инженера физике.

Список литературы

1. Мостепаненко А.М. Методологические и философские проблемы современной физики / А.М. Мостепаненко. – Из-во: Ленинградский университет, 1977. - С. 13-34.

2. Коломин В.И., Гурская Т.Г. Концепция и модель методической системы изучения фундаментального курса общей физики для инженерных специальностей университета // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2012. – №2 (18). – С.133-139.

3. Солодова Е.А. Новые модели в системе образования / Е.А. Солодова. – М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013 – 344 с.

4. Буданов В.Г. Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании / В.Г. Буданов. – М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013 – 240 с.

5. Кучеренко М. А., Огерчук А.А., Белокопытова О.Г. Герменевтико-синергетические основания реализации образовательной программы профессиональной подготовки учителя физики и астрономии / М. А. Кучеренко, А. А. Огерчук, О. Г. Белокопытова // Мир науки. Педагогика и психология, 2024. - Т. 12, № 3. - С. 83. - 13 с.

6. Бюллетень Научно-методического совета по физике. № 4 / сост. Н. М. Кожевников. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 84 с.

7. Кучеренко, М. А. Стратегии смыслового чтения учебного текста по физике: учебно-методическое пособие для студентов высшего профессионального образования по естественнонаучным и техническим направлениям подготовки / М. А. Кучеренко; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. общ. физики. - Оренбург: ОГУ. - 2014.

МАГНИТНЫЙ ЭФФЕКТ В АННИГИЛЯЦИИ ТРИПЛЕТНЫХ ЭКСИТОНОВ СФЕРИЧЕСКОГО НАНОКРИСТАЛЛА С АДСОРБИРОВАННОЙ ПОЛИМЕРНОЙ ЦЕПЬЮ

Кучеренко М.Г., д-р физ.-мат. наук, профессор,
Пеньков С.А., канд. физ.-мат. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Адсорбированная на поверхности нанокристалла полимерная цепь с закрепленными на ее звеньях функциональными органическими молекулами, представляет собой надмолекулярную наноконструкцию с управляемой трансформацией энергии электронного возбуждения [1-2]. В отличие от случая частицы – плазмонной наноантенны, рассмотренного в [3], активированный оптическим излучением органический нанокристалл (антрацен, тетерацен) представляет собой систему, способствующую возникновению в ней квазичастиц-экситонов, включая и их триплетную (Т) форму [4]. Т-экситоны способны перемещаться в пределах объема кристалла, отражаясь от его границ, и вступать в реакцию друг с другом (Т-Т-аннигиляция – ТТА) [5], либо с молекулами снаружи, локализованными на макроцепи (Рис. 1-2). Реакция с такими молекулами протекает по дистанционному механизму, без стадии тесного контакта и завершается электронной активацией этих молекул, выступающих, таким образом, в роли тушителей Т-экситонов. Реакция Т-Т-аннигиляции является спин-селективной, а потому ее скорость зависит от внешнего магнитного поля [4], в то время как магниточувствительность молекулярного тушения Т-экситонов зависит от спинового состояния молекулы-тушителя [6]. Если это состояние является синглетным (S), то реакция $T+S_M \rightarrow S_0+T_M$ не селективна по спину, и от магнитного поля не зависит. Но если спиновое состояние тушителя является парамагнитным, например дублетным (D), то реакция $T+D_M \rightarrow S_0+D_M$ возможна лишь через парный дублет, а потому ее скорость модулируется внешним магнитным полем. В любом случае, трансформация Т-экситонов в нанокристалле будет чувствительна к наличию внешнего магнитного поля, хотя бы вследствие спин-селективного слияния $T+T \rightarrow 0$, т.е. ТТА.

Фотореакции с участием электронно-возбужденных молекул в приповерхностном слое реактора с макроцепной «опушкой» обладают специфической кинетикой [1-3], в связи с неоднородным размещением реагента в структуре полимера. Математическая модель ТТА в кристалл-полимерной наноструктуре рис. 1-2 во внешнем магнитном поле, предложенная в данной работе, учитывает спиновую селективность реакции ТТА, неоднородное распределение звеньев полимерной цепи, а также дистанционное тушение Т-экситонов локализованными центрами макроцепной опушки. Для простоты будем считать молекулярный центр тушения в области III непарамагнитным до

этапа его сенсibilизированной активации, после чего он превращается в T-центр.

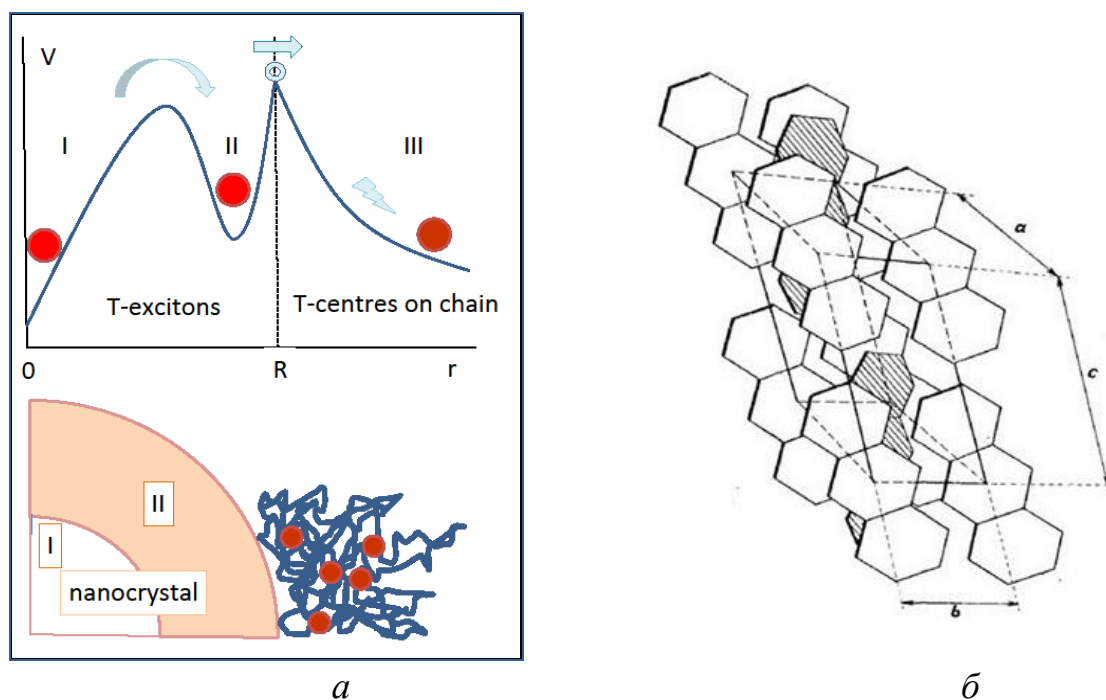


Рисунок 1 - Структура кристалл-полимерного нанокompозита и профиль потенциального поля для T-экситонов (области I и II) и T-центров, локализованных на макроцепи (a). На рис. 1б показана элементарная ячейка молекулярного кристалла (антрацен)

Спиновая динамика T-T-пары экситонов определяется статистическим оператором $\hat{\rho}(\mathbf{r}', t)$, который включен в скорость $K(t|\mathbf{r}')$ пополнения населенности благоприятного для реакции TTA синглетного спинового состояния $|00\rangle$ пары реагентов (здесь, в $|JM\rangle$, квантовые числа J, M задают суммарный спиновый момент T-T-пары и его z -проекцию). Радиус-вектор \mathbf{r}'' определяет положение подвижного T-экситона в области II в момент времени t , а \mathbf{r}' – начальное его положение в когерентной T-T-паре экситонов, избежавших аннигиляции в области I, и уже после произошедшего надбарьерного перехода $I \rightarrow II$. Другой экситон пары полагаем локализованным в области I на все оставшееся время жизни T-T-пары, с соответствующим радиусом-вектором $\mathbf{r}' = 0$. Тогда для скорости $K(t|\mathbf{r}')$ спин-селективной аннигиляции триплетных состояний можем записать

$$K(t|\mathbf{r}') = \int_{r'' < R} U_{ann}(r'') \frac{1}{2} \text{Tr} \{ \hat{P}_S, \hat{\rho}(r'', t|B) \}_+ d^3 r'', \quad (1)$$

где $\text{Tr} \{ \hat{P}_S, \hat{\rho} \}_+ = \sum_{J, M} \langle JM | (\hat{P}_S \hat{\rho} + \hat{\rho} \hat{P}_S) | JM \rangle = \langle 00 | \hat{\rho} | 00 \rangle$, а $\hat{P}_S = |00\rangle \langle 00|$ –

оператор проектирования на синглетное спиновое состояние T-T-пары.

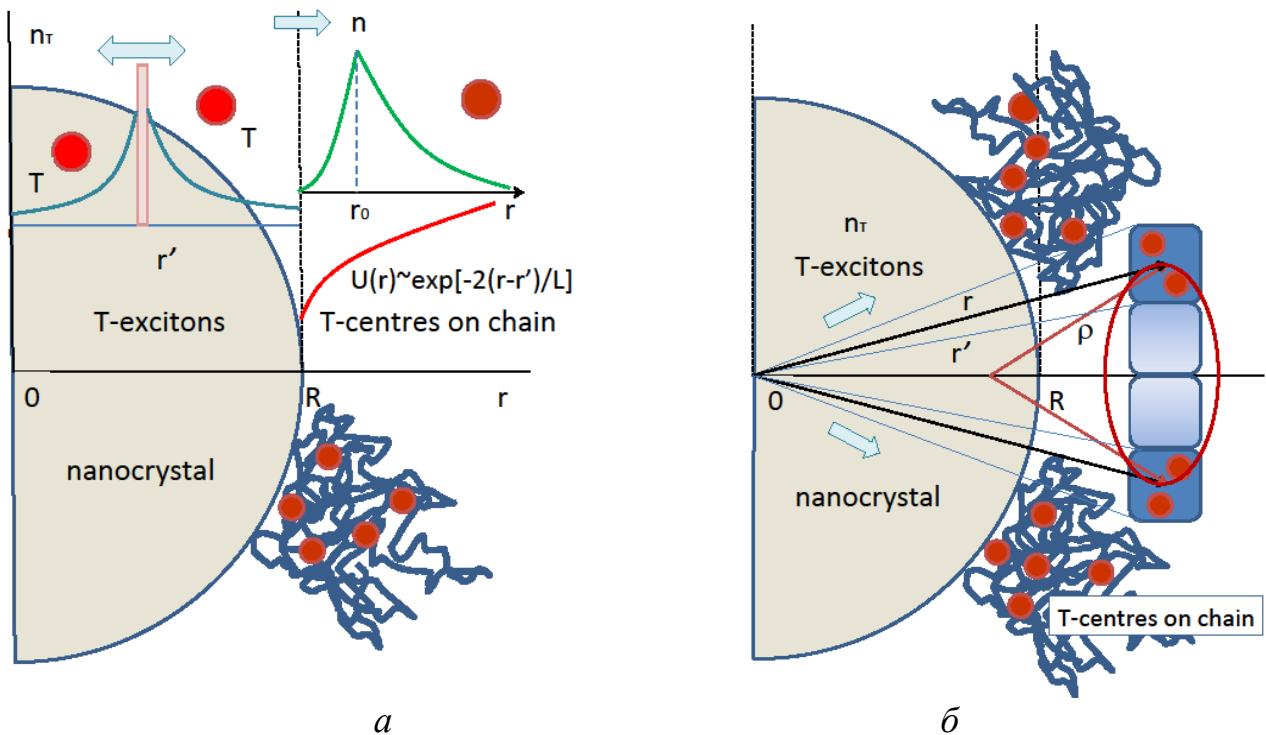


Рисунок 2 - Сферический нанокристалл со свободно мигрирующими Т-экситонами. Вне кристалла показано радиальное распределение плотности звеньев макроцепи (а) и дистанционная зависимость скорости $U(r)$ переноса энергии на Q-центры полимерной опушки. На рис. 2б показан пояс интегрирования по объему, заполненному макроцепью в сферической системе координат с началом в центре нанокристалла.

Спин-гамильтониан Т-Т-пары $\hat{H}(r')$ принимает вид

$$H(r') = g_1 \mu_B B S_{1z} + g_2 \mu_B B S_{2z} - 2J_{exc}(r') \mathbf{S}_1 \mathbf{S}_2 - \mathbf{S}_1 \mathbf{D}(\Omega_1) \mathbf{S}_1 - \mathbf{S}_2 \mathbf{D}(\Omega_2) \mathbf{S}_2. \quad (2)$$

В гамильтониан (2) включены соответственно зеемановские взаимодействия одиночных триплетов Т-Т-пары с различными g-факторами g_1 и g_2 с однородным магнитным полем индукции B , межмолекулярное обменное взаимодействие с характерным интегралом $J_{exc}(r')$, а также внутритриплетные спин-спиновые взаимодействия. Операторы $\mathbf{S}_1, \mathbf{S}_2$ – векторные операторы электронных спинов молекул 1 и 2; $\mathbf{D}(\Omega_{1(2)})$ – тензор магнитного диполь-дипольного взаимодействия; $\Omega_{1(2)}$ – угловые наборы; μ_B – магнетон Бора. Отметим, что оператор обменного взаимодействия диагонален в парном базисе $|JM\rangle$ состояний суммарного электронного спина $\mathbf{S} = \mathbf{S}_1 + \mathbf{S}_2$ Т-Т-пары.

В общем случае уравнение для пространственно-спинового оператора плотности $\hat{\rho}(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, t)$ со спин-гамильтонианом $\hat{H}(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2)$ Т-Т-пары экситонов с координатами $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2$ в момент времени t и транспортным оператором их свободной диффузии в пространстве нанокристалла имеет вид [7-8]

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \hat{\rho}(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, t) = & -\Gamma(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, t) \hat{\rho}(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, t) + \sum_{j=1}^2 D_j \nabla_j^2 \hat{\rho}(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, t) \\ & - \frac{i}{\hbar} \left[\hat{H}(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2), \hat{\rho}(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, t) \right] - \frac{1}{2} U_{ann}(|\mathbf{r}'_1 - \mathbf{r}'_2|) \{ \hat{\rho}(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, t) \hat{P}_S + \hat{P}_S \hat{\rho}(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, t) \} \end{aligned} \quad (3)$$

В приближении относительной независимости пространственной и спиновой динамики [7] и центральной локализации в НЧ одного экситона уравнение для спинового оператора плотности $\hat{\rho}(r', t)$, не содержащее производных по координатам, приводится к виду

$$\frac{\partial}{\partial t} \hat{\rho}(r', t) = -\frac{i}{\hbar} \left[\hat{H}(r'), \hat{\rho}(r', t) \right] - \Gamma_2(r', t) \hat{\rho}(r', t) - \frac{1}{2} U_{ann}(r') \{ \hat{\rho}(r', t) \hat{P}_S + \hat{P}_S \hat{\rho}(r', t) \} \quad (4)$$

В этом случае пространственная переменная r' в операторе $\hat{\rho}(r', t)$ становится параметром. Функция $\Gamma_2(r', t)$ в (4) представляет собой не зависящую от спина скорость распада Т-Т-пары, которая сохраняет в себе зависимости от радиуса r' , и времени t . Ее явный вид будет определен ниже. В случае реакции аннигиляции триплетных возбуждений по синглетному каналу получаем

$$\hat{\rho}(r', t) = \exp \left[-\int_0^t \Gamma_2(r', t') dt' \right] \exp(\hat{K}t) \hat{\rho}(r', 0) \exp(\hat{K}^* t), \quad (5)$$

где неэрмитов эволюционный оператор определен нами ранее в работах [7-8]

$$\hat{K}(B|r') = -\frac{i}{\hbar} \left(\hat{H}(B|r') - i \frac{\hbar}{2} \hat{\Lambda}(r') \right). \quad (6)$$

Оператор (6) учитывает влияние Т-Т-аннигиляции на спиновую динамику Т-Т-пары через оператор $\hat{\Lambda}(r') = U_{ann}(r') \hat{P}_S / 2$. Матрица $\langle JM | \hat{K} | J'M' \rangle$ кинетического оператора (6) в наиболее общем виде приведена в [7].

Двухчастичная диффузионная функция Грина $G_2(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, t)$ в случае, когда оба Т-экситона подвижны и пространственно слабо скоррелированы, сводится к произведению одночастичных функций $G_1(\mathbf{r}_1, t)$: $G_2(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, t) \rightarrow G_1(\mathbf{r}'_1, t) G_1(\mathbf{r}'_2, t)$. Функция Грина $G_1(r', r'', t)$ для уравнения диффузии Т-экситона с граничным условием отражения от непроницаемой поверхности нанокристалла приведена в [5].

Тогда в случае парной плотности $\hat{\rho}(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, t)$ скорость $K(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2)$ бимолекулярной реакции ТТА экситонов представляется следующими интегралами

$$K(\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2) = \int_0^\infty dt \iint_{V_R} U_{ann}(|\mathbf{r}''_1 - \mathbf{r}''_2|) \text{Tr} \{ \hat{P}_S, \hat{\rho}(\mathbf{r}''_1, \mathbf{r}''_2, t) \}_+ G_1(\mathbf{r}''_1, t | \mathbf{r}'_1) G_1(\mathbf{r}''_2, t | \mathbf{r}'_2) d^3 r''_1 d^3 r''_2, \quad (7)$$

а в случае одного подвижного экситона Т-Т-пары и, соответственно, плотности $\hat{\rho}(r',t)$ интегралами

$$K_{ann}(B) = \int_0^{\infty} dt \int_{r' < R} \frac{1}{2} U_{ann}(r') \text{Tr} \{ \hat{P}_S, \hat{\rho}(r',t | B) \}_+ G_1(r',t) 4\pi r'^2 dr', \quad (8)$$

Перейдем, теперь, к получению явного вида функции $\Gamma_2(r',t)$, представляющей собой не зависящую от спина скорость распада Т-Т-пары в результате конечного времени τ_T жизни Т-экситона, а также статического тушения каждого из них – подвижного и локализованного, совокупностью молекулярных Q-центров на макроцепи. Поскольку в модели рис. 2 Q-молекулы на макроцепи не участвуют в движении, для скорости $\Gamma(r',t)$ тушения нецентрального Т-экситона в положении r' можем записать

$$\Gamma(r',t) = \frac{1}{\tau_T} + n_Q \int_R^{\infty} \int_0^{\pi} f(r) U(\rho) \exp[-U(\rho)t] 2\pi \sin \theta d\theta r^2 dr, \quad (9)$$

где $\rho = \sqrt{r^2 + r'^2 - 2rr' \cos \theta}$ (рис 2б). Тогда для скорости $\Gamma(0,t)$ дезактивации Т-экситона, локализованного в центре шара получаем

$$\Gamma(0,t) = \frac{1}{\tau_T} + n_Q \int_R^{\infty} f(r) U(r) \exp[-U(r)t] 4\pi r^2 dr. \quad (10)$$

Общая скорость $\Gamma_2(r',t)$ неаннигиляционного распада Т-Т-пары экситонов представляет собой сумму скоростей (9) и (10): $\Gamma_2(r',t) = \Gamma(r',t) + \Gamma(0,t)$.

Радиальное распределение $f(r)$ плотности звеньев опушки определено ранее в работах [1], [3], [9]. Это распределение повторяется в радиальном профиле плотности Q-центров: $n_Q(r) = \eta f(r)$, $\eta = \text{const}$.

Равновесные конфигурации адсорбированной макроцепи определяются конформационной функцией $\psi(\mathbf{r})$, связанной с плотностью мономерных звеньев соотношением $f(r) = \psi^2(r)$. В модели потенциала «твердая стенка – дельта-функциональная яма» $V_1(r) = V_{\infty}(R) - \alpha \delta(r - r_0)$ радиальные функции $\psi(r) = F_0(r)$ в области $R < r < r_0$ и вне ее $r > r_0$ получены, например, в [3] и [9]

$$\begin{cases} F_0^I(r) = A_0 \left[\frac{I_{1/2}(q_0 r)}{\sqrt{r}} - \frac{I_{1/2}(q_0 R)}{K_{1/2}(q_0 R)} \frac{K_{1/2}(q_0 r)}{\sqrt{r}} \right], & R < r < r_0 \\ F_0^{II}(r) = A_0 \left[\frac{I_{1/2}(q_0 r_0)}{K_{1/2}(q_0 r_0)} - \frac{I_{1/2}(q_0 R)}{K_{1/2}(q_0 R)} \right] \frac{K_{1/2}(q_0 r)}{\sqrt{r}}, & r_0 < r < \infty \end{cases}, \quad (11)$$

где $I_{1/2}(q_0 r)$ и $K_{1/2}(q_0 r)$ – модифицированные функции Бесселя первого и второго рода с полуцелым индексом, а собственные числа $q_0^2 = -\frac{6\varepsilon_0}{a^2 kT}$ находятся из уравнения

$$\frac{a^2 kT}{6\alpha r_0} = I_{1/2}(q_0 r_0) K_{1/2}(q_0 r_0) - K_{1/2}^2(q_0 r_0) \frac{I_{1/2}(q_0 R)}{K_{1/2}(q_0 R)} .$$

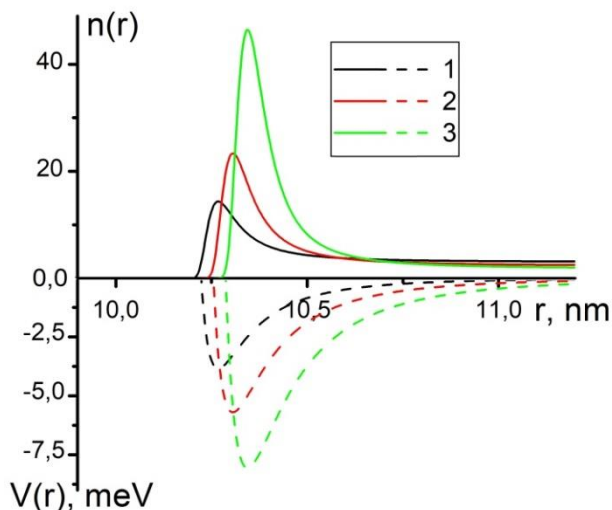


Рисунок 3 - Радиальное распределение плотности звеньев полимерной цепи (сплошные кривые) и потенциала V наночастицы (пунктирные кривые) при различных значениях параметра r_0-R . 1 – 0.35, 2 – 0.4 и 3 – 0.45 нм. $D=2kT$ [9].

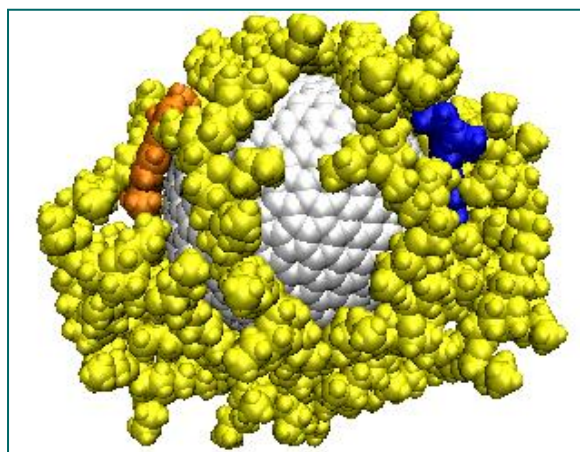


Рисунок 4 - Равновесные конформации при адсорбции полимерной цепи с молекулярными Q-центрами на поверхности сферической наночастицы [3], [9].

Эффект влияния дистанционного тушения Q-центрами Γ -экситонов на их диффузию может быть учтен посредством переноса скорости $\Gamma(r',t)$ тушения (9) из уравнения (5) для оператора плотности в уравнение для одночастичной функции Грина $G_1(\mathbf{r}_1, t)$. Тогда это уравнение можно записать в виде

$$\frac{\partial}{\partial t} G_1(r', t) = D_T \nabla_r^2 G_1(r', t) - \Gamma(r', t) G_1(r', t) . \quad (12)$$

При слабом тушении, когда второе слагаемое в правой части (12) существенно меньше первого, можно произвести замену $\Gamma(r', t) G_1(r', t) \rightarrow \Gamma(r', t) G_1^{(0)}(r', t)$, где $G_1^{(0)}(r', t)$ невозмущенная функция Грина, определенная, например, в [5]. Решение уравнения (12) тогда может быть записано в виде интеграла по объему НЧ

$$G_1(r',t) = - \int_{V_R} \Gamma(r'',t') G_1^{(0)}(r'',t') G_1^{(0)}(r',t | r'',t') d^3 r'' . \quad (13)$$

В другом предельном случае медленной диффузии, когда мало первое слагаемое в правой части (12), функцию $G_1(r',t)$ заменяем на $G_1(r',t) \rightarrow n_T(r',t)$, являющуюся решением следующего неоднородного уравнения

$$\frac{\partial}{\partial t} n_T(r',t) = D_T \nabla_{r'}^2 G_1^{(0)}(r',t) - \Gamma(r',t) n_T(r',t) . \quad (14)$$

Решение (14) может быть получено стандартными методами

(15)

$$n_T(r',t) = n_T(r',t') \exp \left[- \int_{t'}^t \Gamma(r',t'') dt'' \right] + D_T \int_{t'}^t \exp \left[- \int_{t'}^t \Gamma(r',t'') dt'' \right] \nabla_{r'}^2 G_1^{(0)}(r',t'') dt''$$

Магнитный эффект ТГА определяется относительным изменением удельных скоростей (8) аннигиляции

$$\gamma(B) = \frac{K_{ann}(B) - K_{ann}(0)}{K_{ann}(0)} . \quad (16)$$

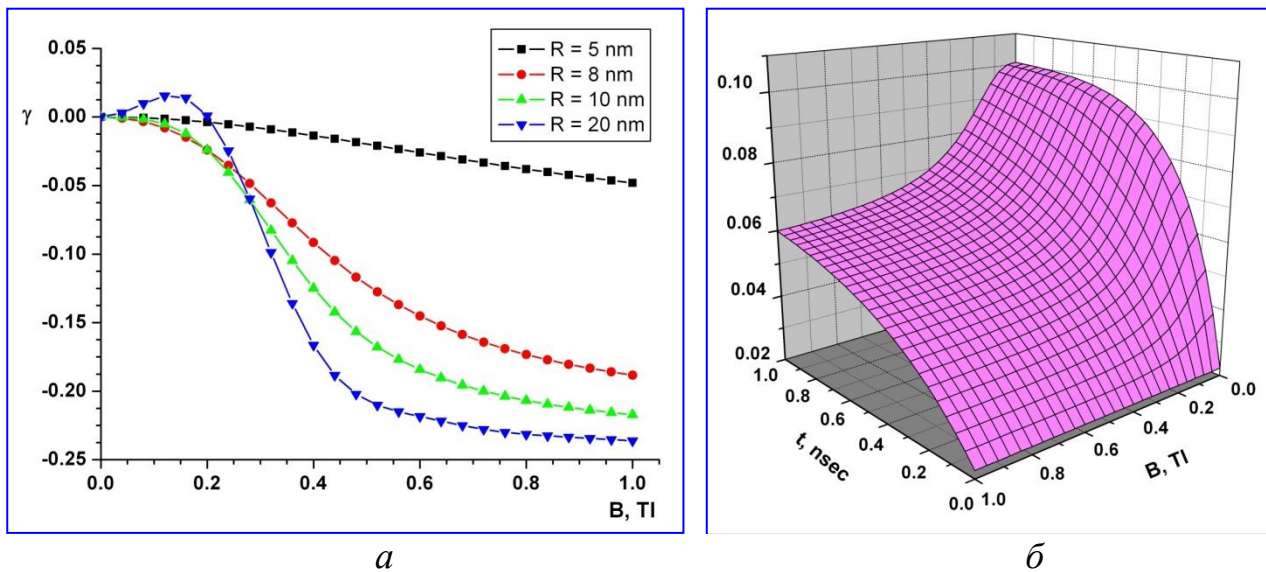


Рисунок 5 - Магнитополевые зависимости относительного изменения скорости ТГА $\gamma(B)$ (а) для различных значений радиуса R сферического нанокристалла при свободном диффузионном перемещении Т-экситонов и спиновой динамике, $D_T = 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$, $U_0 = 10^{11} \text{ s}^{-1}$. Кинетика населенности $\langle 00 | \hat{\rho} | 00 \rangle$ синглетного состояния Т-Т-пары (б)

Время вращательной корреляции $\tau_2 = 5 \times 10^{-10} \text{ s}$, $D \sim 0,1 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E \sim 0,1 D$.

Построение решения спиновой части задачи производится на основе динамического уравнения (4) с гамильтонианом (2), либо на основе релаксационной модели [6], использующей уравнение Редфильда для спиновой

матрицы плотности экситонной пары. Обычно расчет спиновой динамики производится во втором порядке по внутритриплетному спин-спиновому взаимодействию [5].

На рис. 5 представлены типичные магнитополевые зависимости $\gamma(B)$ при свободной диффузии Т-экситона в объеме сферического нанокристалла радиуса $R = 5-20$ нм и дистанционной аннигиляции триплетов с $U_0 = 10^{11} \text{ с}^{-1}$, $L = 1 \text{ \AA}$ (рис. 5а), и синглетного матричного элемента $\langle 00 | \hat{\rho} | 00 \rangle$ Т-Т-пары экситонов (рис. 5б) в случае релаксационного механизма спиновой неравновесности [6].

Рассмотренная модель может быть использована и для обработки результатов эксперимента, требующей учета особенностей конформационной структуры полимерных макроцепей, адсорбированных на поверхностях сферических кристаллических наночастиц с молекулярными Т-экситонами.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта № FSGU-2023-0003.

Список литературы

1. Кучеренко М. Г., Кручинин Н. Ю., Неясов П.П., Алимбеков И.Р. Молекулярные процессы вблизи поверхности плазмонных и магнитных сфероидальных наночастиц с макромолекулярной опушкой // Матер. Всеросс. научно-метод. конфер. Университет. комплекс как регион. центр образования, науки и культуры [Электрон. ресурс] Оренбург: ОГУ, 2022. С. 2841-2848.
2. Кучеренко М.Г., Неясов П.П. Магнитный эффект триплет-триплетной аннигиляции электронных возбуждений в структуре адсорбированной макромолекулы // Матер. Всеросс. научно-метод. конфер. Университет. комплекс как регион. центр образ. [Электрон. ресурс] Оренбург: ОГУ, 2024. С. 3435-3443.
3. Кучеренко М. Г., Неясов П. П., Кручинин Н. Ю. Моделирование конформационных перестроек макромолекулы, адсорбированной на поверхности металлической наночастицы, во внешнем электрическом поле // Химическая физика. – 2023. – Том 42. – № 5. – С. 1–10.
4. Johnson R.C., Merrifield R.E. // Phys. Rev. B. 1970. -V.1. -N2. -P. 896-902.
5. Кучеренко М. Г., Пеньков С. А. Особенности детектирования магнитного резонанса реакций триплетных молекул по аннигиляционной замедленной флуоресценции в наноструктурированных средах // Химическая физика и мезоскопия. 2019. Том 21, №2. С. 278- 289.
6. Atkins P.W., Evans G. T. - Molecular Physics. – 1975. - V. 29. -№ 3. P. 921-935.
7. Kucherenko M.G., Neyasov P.P. Spin-selective interaction of triplet-excited molecules on the surface of a ferromagnetic nanoparticle // Eurasian Physical Technical Journal. 2022, Vol.19, No.4 (42). –P.5-16.
8. Кучеренко М. Г., Неясов П. П. Особенности спиновой динамики и аннигиляции триплетных молекулярных возбуждений в нанореакторах с ферромагнитными частицами // Химич. физика и мезоскоп. 2018. Т. 20, № 1.

С. 33-48.

9. *Кучеренко М.Г., Русинов А.П., Кручинин Н.Ю.* Плазмонное управление люминесценцией молекул в структуре адсорбированной полимерной цепи на поверхности заряженной сферической наночастицы // *Оптика и спектроскопия*. 2024. -Том 132. - Вып. 5. - С. 566-575.

СЛОИСТЫЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ СПАЗЕР С ПЛАЗМОННОЙ ОБОЛОЧКОЙ-РЕЗОНАТОРОМ: КЛАССИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

**Кучеренко М.Г., д-р физ.-мат. наук, профессор,
Мушин Ф.Ю., Чмерева Т.М., д-р физ.-мат. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Рассмотрена конструкция цилиндрического спазера в приближении классической электродинамической модели с нелинейной полевой зависимостью диэлектрической проницаемости материала активированного корда с двухуровневыми атомами и невырожденным (классическим) электронным газом металлической оболочки. Используется аналитическое выражение для закона дисперсии плазмонных колебаний в цилиндрическом нанокompозите с осевой диэлектрической направляющей и коаксиальной металлической оболочкой, полученное в квазистатическом приближении.

Ключевые слова: спазер, диэлектрическая проницаемость активной среды, поверхностный плазмон-поляритон, цилиндрический оболочечный нанокompозит, закон дисперсии

Протяженные двухкомпонентные цилиндрические нанокompозиты со структурой «корд-оболочка» находят широкое применение как в традиционной нанооптике и наноплазмонике [1-4], так и в активно формирующейся квантовой наноплазмонике [5-7], рассматривающей процессы генерации поля при накачке активных элементов металлогибридных систем.

Так, например, слоистый шаровой композит с металлической оболочкой и кором из активной среды представляет собой генератор плазмонных колебаний, получивший название спазера [5]. Теория такого спазера в модели нелинейной проницаемости активной среды предложена в [7]. В работах [8-10] были осуществлены модификации модели [7] для случаев вырожденного электронного газа металла [8] инвертированного шарового нанокompозита «корд-оболочка» [9] и слоистого спазера с неоднородным распределением возбужденных атомов активного элемента [10]. В данной работе в качестве спазера рассматривается протяженная цилиндрическая система, в которой оболочка нанокompозита представляет собой металлический или полупроводниковый слой с внешним радиусом R_2 , а осевая жила (корд) – диэлектрический цилиндр радиуса R_1 с активлируемыми двухуровневыми атомами (ДУА) или молекулами (рис. 1). В отличие от шаровых спазеров с локализованными поверхностными плазмонами металлических компонентов в цилиндрических структурах возникают бегущие плазмон-поляритоны с характерной дисперсионной зависимостью частоты ω от волнового числа k .

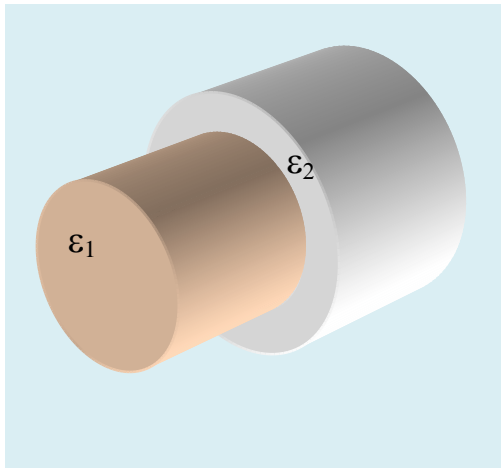


Рисунок 1 - Диэлектрический корд с двухуровневыми атомами и металлической оболочкой-резонатором. Диэлектрические проницаемости ϵ_1 и $\epsilon_2(\omega)$ материалов корда и оболочки выбираются вблизи частоты перехода в ДУА. Диэлектрическая функция металла оболочки в общей модели Друде-Зоммер-фельда: $\epsilon(\omega) = \epsilon_\infty - \omega_p^2 / \omega^2$; ϵ_∞ – высокочастотная диэлектрическая проницаемость металла (постоянная модели).

Спазер на основе цилиндрической нанопроволоки с диэлектрическим сердечником и плазмонной оболочкой рассматривался в работах [11-13] с позиций последовательного квантового описания, включая и наличие дополнительного третьего энергетического уровня [13] (ТУА вместо ДУА). Однако здесь мы развиваем полуквантовую модель спазера в духе работ [7-10], полагая диэлектрическую проницаемость $\epsilon_{\text{gain}}(E_1)$ активной среды корда нелинейной функцией напряженности E_1 генерируемого поля спазера.

Взаимодействие одномерных поверхностных плазмонов сплошного металлического цилиндра с возбужденными молекулами и квантовыми точками были исследовано ранее в [14-15].

Получение дисперсионных соотношений в аналитическом виде для поверхностных плазмонов в слоистых цилиндрических структурах, упрощается при использовании квазистатического приближения. Это и было сделано ранее в [16-17]. В квазистатическом приближении, а также в модели классического электронного газа металла для определения закона дисперсии достаточно рассматривать решение уравнения Лапласа для потенциала $\varphi(r, \alpha, k_z, t)$ в трёх радиально-сопряженных пространственных областях

$$\varphi(r, \alpha, k_z, t) = \sum_{k_z, n} e^{i(k_z z + n\phi - \omega t)} \begin{cases} A_{n, k_z} I_n(kr), & r \leq R_1, \\ B_{n, k_z} I_n(kr) + C_{n, k_z} K_n(kr), & R_1 < r \leq R_2, \\ D_{n, k_z} K_n(kr), & r > R_2, \end{cases} \quad (1)$$

где $k = |k_z|$, модуль волнового вектора \mathbf{k} , направленного вдоль оси z цилиндра; n – целые числа; $I_n(x)$ и $K_n(x)$ – функции Бесселя мнимого аргумента.

Граничные условия для потенциала $\varphi(r, \alpha, k_z, t)$

$$\begin{aligned} \varphi|_{r \rightarrow R_1-0} &= \varphi|_{r \rightarrow R_1+0}, & \varphi|_{r \rightarrow R_2-0} &= \varphi|_{r \rightarrow R_2+0}, \\ \epsilon_1 \frac{\partial \varphi}{\partial r} \Big|_{r \rightarrow R_1-0} &= \epsilon_2(\omega) \frac{\partial \varphi}{\partial r} \Big|_{r \rightarrow R_1+0}, & \epsilon_2(\omega) \frac{\partial \varphi}{\partial r} \Big|_{r \rightarrow R_2-0} &= \epsilon_3 \frac{\partial \varphi}{\partial r} \Big|_{r \rightarrow R_2+0}, \end{aligned}$$

приводят к следующему закону дисперсии плазмонных мод

$$\left(\frac{\omega_{kn}^{\pm}}{\omega_p}\right)^2 = \frac{1}{2} \left[F_{kn} + G_{kn} \pm \sqrt{(F_{kn} - G_{kn})^2 + H_{kn}} \right], \quad (2)$$

с характерными высокочастотной и низкочастотной ветвями, отмеченными в (2) соответствующими индексами «+» и «-». Были введены следующие обозначения

$$F_{kn} = \frac{1}{\Delta_{kn}} [(\varepsilon_{\infty} L_n(kR_2) + \varepsilon_3 M_n(kR_2)) - (\varepsilon_{\infty} - \varepsilon_1) L_n(kR_1)],$$

$$G_{kn} = \frac{1}{\Delta_{kn}} \left[\left(\varepsilon_{\infty} + \varepsilon_1 \frac{L_n(kR_1)}{M_n(kR_1)} \right) L_n(kR_2) - (\varepsilon_{\infty} - \varepsilon_3) L_n(kR_1) \right],$$

$$H_{kn} = \sqrt{(F_{kn} - G_{kn})^2 + \frac{4L_n(kR_1)}{\Delta_{kn}^2} \left(\varepsilon_3 + \varepsilon_1 \frac{L_n(kR_1)}{M_n(kR_1)} \right) (\varepsilon_1 L_n(kR_2) + \varepsilon_3 M_n(kR_2))}, \quad (3)$$

$$L_n(kR_{1(2)}) = \frac{I_{n-1}(kR_{1(2)}) + I_{n+1}(kR_{1(2)})}{K_{n-1}(kR_{1(2)}) + K_{n+1}(kR_{1(2)})}, \quad M_n(kR_{1(2)}) = \frac{I_n(kR_{1(2)})}{K_n(kR_{1(2)})},$$

$$\Delta_{kn} = (\varepsilon_{\infty} L_n(kR_2) + \varepsilon_3 M_n(kR_2)) \left(\varepsilon_{\infty} + \varepsilon_1 \frac{L_n(kR_1)}{M_n(kR_1)} \right) - (\varepsilon_{\infty} - \varepsilon_1)(\varepsilon_{\infty} - \varepsilon_3) L_n(kR_1).$$

Расчеты законов дисперсии проводились для слоистого нанопроволоки радиусом $R_2 = 10$ нм с Ag оболочкой. Параметры модели Друде вблизи частоты перехода в ДУА принимались равными $\hbar\omega_p = 9.0$ эВ, $\varepsilon_{\infty} = 3.7$. Радиус диэлектрического сердечника нанопроволоки изменялся в пределах $2 \leq R_1 \leq 8$ нм. Диэлектрические постоянные стержня и среды, окружающей спазер, принимались одинаковыми: $\varepsilon_1 = \varepsilon_3 = \varepsilon = 2$.

На рис. 2 представлены дисперсионные кривые низкочастотного и высокочастотного плазмонов при $n = 0$ для различных значений радиуса R_1 корда. С ростом параметра R_1 дисперсионные кривые низкочастотного плазмона становятся более пологими, удаляясь от кривой 1, отвечающей случаю сплошного проводящего нанопроволоки [14-15]. При $k \rightarrow 0$ частоты низкочастотных плазмонов устремляются в нуль, а частотные кривые высокочастотных ветвей плазмонов сходятся к значению $\omega_p / \sqrt{\varepsilon_{\infty}}$, т.е. не зависят от радиуса R_1 корда (внутреннего радиуса оболочки). При $k \rightarrow \infty$ все дисперсионные кривые выходят на общую асимптоту $\omega_p / \sqrt{\varepsilon_{\infty} + \varepsilon}$.

На рис. 2б представлены дисперсионные зависимости для $n = 1$. В отличие от случая $n = 0$ при $k \rightarrow 0$ каждая дисперсионная кривая принимает свое значение частоты $\omega(0)$, отвечающее определенному значению радиуса R_1 .

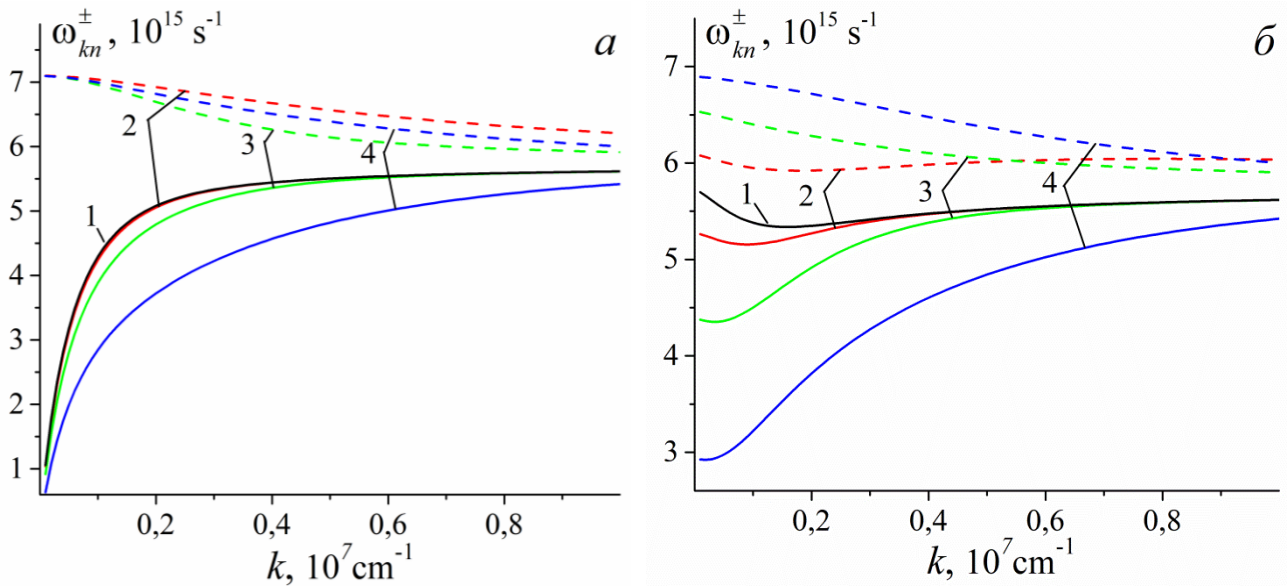


Рисунок 2 - Дисперсионные кривые поверхностных плазмонов в наноцилиндре с Ag оболочкой и осевым диэлектрическим кордом радиуса $R_1 = 0(1), 2(2), 5(3), 8(4)$ нм для $n = 0$ (а) и $n = 1$ (б)

Для появления режима генерации плазмонов в проводящей оболочке наноцилиндра с участием органических молекул, расположенных вблизи сплошной нанопроволоки, наибольший интерес представляют низкочастотные плазмонные ветви, поскольку именно для них возможен резонанс с частотой перехода в ДУА спазера. При $n=0$ амплитуда E_{1nk} напряженности поля генерируемого поверхностного плазмона выражается через произведение kA_{nk} : $E_{1nk} = kA_{nk}$.

Введем функцию

$$Q_n(kR_2) = \frac{\varepsilon_2(\omega)L_n(kR_2) + \varepsilon_3M_n(kR_2)}{\varepsilon_2(\omega) - \varepsilon_3}. \quad (4)$$

Тогда

$$B_{nk} = \frac{1}{1 + Q_n(kR_2)/M_n(kR_1)} A_{nk}, \quad C_{nk} = \frac{Q_n(kR_2)}{1 + Q_n(kR_2)/M_n(kR_1)} A_{nk}, \quad (5)$$

В рамках введенной в [5] и [7] «Toy model» получено выражение для эффективной диэлектрической проницаемости $\varepsilon_{\text{gain}}(E_1)$ активной среды, которое имеет явную полевую зависимость от амплитуды E_1 генерируемого поля

$$\varepsilon_{\text{gain}}(\omega) = \varepsilon_{1m} + \alpha \frac{\omega_{21}}{\omega} \frac{-i + \frac{\omega^2 - \omega_{21}^2}{2\omega/T_2}}{1 + \beta |E_1(\omega)|^2 + \left(\frac{\omega^2 - \omega_{21}^2}{2\omega/T_2} \right)^2}, \quad (6)$$

с постоянными коэффициентами

$$\alpha = 4\pi |\mathbf{d}_{ge}|^2 \frac{n_0 T_2}{\hbar}, \quad \beta = |\mathbf{d}_{ge}|^2 \frac{T_1 T_2}{\hbar^2}.$$

которые определяются квадратом модуля дипольного момента перехода \mathbf{d}_{ge} в атоме активной среды, временами релаксации ДУА T_1, T_2 , а также равновесной объемной инверсией n_0 . Здесь ε_{1m} – диэлектрическая проницаемость среды, в которую помещены ДУА. Второе слагаемое в (6) обусловлено вкладом двухуровневых атомов в результирующую диэлектрическую проницаемость $\varepsilon_{gain}(\omega)$ системы.

Сшивка потенциалов (1) и радиальных компонентов векторов индукции на внутренней цилиндрической граничной поверхности приводит к равенствам

$$\varepsilon_{gain}(\omega) = \varepsilon_2(\omega) \frac{(\nabla_r \varphi_2)_{R_1+0}}{(\nabla_r \varphi_1)_{R_1-0}}, \quad (7)$$

$$\varepsilon_{gain}(\omega) = \varepsilon(\omega) \left[\frac{B_{nk}}{A_{nk}} + \frac{C_{nk}}{A_{nk}} \frac{K'_n(kR_1)}{I'_n(kR_1)} \right].$$

Отметим, что отношения коэффициентов $B_{nk} / A_{nk}, C_{nk} / A_{nk}$ не содержат эффективной проницаемости ε_{gain} , поэтому из равенства (7) может быть получена неизвестная амплитуда $E_1(\omega)$ генерируемого поля спазера

$$\varepsilon_{gain}(\omega) = \varepsilon(\omega) \left[\frac{1 - Q_n(kR_2) / L_n(kR_1)}{1 + Q_n(kR_2) / M_n(kR_1)} \right]. \quad (8)$$

Действительно, подставляя (6) в левую часть уравнения (8), получаем следующее выражение для амплитуды поля, с пороговым режимом его генерации в спазере

$$E_1(\omega) = \left\{ \frac{\alpha \omega_{21}}{\beta \omega} \frac{-i + \frac{\omega^2 - \omega_{21}^2}{2\omega / T_2}}{\left(\varepsilon_2(\omega) \left[\frac{1 - Q_n(kR_2) / L_n(kR_1)}{1 + Q_n(kR_2) / M_n(kR_1)} \right] - \varepsilon_{1m} \right)} - \frac{1}{\beta} \left[1 + \left(\frac{\omega^2 - \omega_{21}^2}{2\omega / T_2} \right)^2 \right] \right\}^{1/2}, \quad (9)$$

Следуя [5] получаем уравнение для частоты ω_{sp} спазирования

$$\text{Im} \frac{\varepsilon_2(\omega_{sp}) \left[\frac{1 - Q_n(kR_2) / L_n(kR_1)}{1 + Q_n(kR_2) / M_n(kR_1)} \right] - \varepsilon_{1m}}{-i + \frac{\omega_{sp}^2 - \omega_0^2}{2\omega_{sp}\Gamma}} = 0. \quad (10)$$

Здесь в (10) $\Gamma = 1/T_2$ - скорость фазовой релаксации двухуровневых атомов активной среды.

Выражение для порогового значения D_{thr} инверсии [5,7] при переходе к режиму генерации спазера получаем в следующем виде

$$D_{thr} = \frac{\omega_{sp}}{\omega_{21}} \left(1 + \left(\frac{\omega_{sp}^2 - \omega_{21}^2}{2\omega_{sp}\Gamma} \right)^2 \right) \text{Re} \left[\frac{\varepsilon(\omega_{sp}) \left[\frac{1 - Q_n(kR_2) / L_n(kR_1)}{1 + Q_n(kR_2) / M_n(kR_1)} \right] - \varepsilon_{1m}}{-i + \frac{\omega_{sp}^2 - \omega_{21}^2}{2\omega_{sp}\Gamma}} \right]. \quad (11)$$

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научных проектов № FSGU-2023-0003 и № 075-15-2024-550.

Список литературы

1. Климов В.В. Наноплазмоника. М.:Физматлит, – 2009. – 480 с.
2. К.-Н. Kim, Y.-S. No Subwavelength core/shell cylindrical nanostructures for novel plasmonic and metamaterial devices // Nano Convergence – 2017. – V. 4. – No. 32.
3. Chubchev E.D., Nechepurenko I.A., Dorofeenko A.V., Vinogradov A.P., Lisyansky A.A., Nanostructured optical waveguide with a highly confined mode // Journal of Optical Society of America B. – 2020. – V. 37. – No. 9. – P. 2732-2737.
4. Zhang Z., Fang Y., Wang W., Chen L. Propagating Surface Plasmon Polaritons: Towards Applications for Remote-Excitation Surface Catalytic Reactions // Advanced Science. – 2016. – V. 3. – P. 1500215.
5. Андрианов Е.С., Виноградов А.П., Дорофеев А.В., Зябловский А.А., Лисянский А.А., Пухов А.А. Квантовая наноплазмоника / Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект». 2015. – 368 с.
6. Балыкин, В.И. Плазмонный нанолазер: современное состояние и перспективы / В.И. Балыкин // УФН. – 2018. – Т. 188. – №. 9. – С. 935-962.
7. Baranov D. G., Andrianov E.S., Vinogradov A. P., Lisyansky A. A. Exactly solvable toy model for surface plasmon amplification by stimulated emission of radiation // Optics Express. 2013.- Vol. 21. - No. 9. –P. 10779-10791.
8. Кучеренко М. Г., Чмерева Т.М., Пискунов А.А. Спектры динамической поляризуемост-слоистых сферических нанокомпозитов в режиме спазера с вырожденным электронным газом металла оболочки // Матер. Всеросс. научно-метод. конфер. Университет. комплекс как регион. центр образования,

науки и культуры [Электрон. ресурс] Оренбург: ОГУ, 2022. С. 2875-2882.

9. Кучеренко М. Г., Чмерева Т.М. Слоистый концентрический спазер с плазмонным кором-резонатором: классический и вырожденный электронный газ металла // Матер. Всеросс. научно-метод. конфер. Университет. комплекс как регион. центр образования, науки и культуры [Электрон. ресурс]:; Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2024. С. 3461-3469.

10. Кучеренко М. Г., Алимбеков И.Р., Шихавцов М.А. Управляемый спазер с неоднородным распределением возбужденных атомов активного элемента// Хим. физика молекул и полифункц. материалов [Электронный ресурс]: Матер. междунар. науч. конфер. 28–30 ноября 2024 г. /Под общей ред. Кучеренко М.Г., Налбандяна В.М., Русинова А.П. Оренбургский гос. ун-т. – Электрон. дан. (1 файл: 6.2 Мб). – Оренбург: ОГУ, 2024. - С.116-122.

11. Чмерева Т.М., Кучеренко М.Г., Мушин Ф.Ю. Спазер на основе цилиндрической нанопроволоки с диэлектрическим сердечником и плазмонной оболочкой // XIII Международ. конфер. по фотонике и информац. оптике: Сборник научных трудов. М.: НИЯУ МИФИ, 2024. – 664 с. – С. 317-318.

12. Чмерева Т.М., Кучеренко М.Г., Мушин Ф.Ю. Генератор одномерных осесимметричных поверхностных плазмон-поляритонов // Университет. комплекс как регион. центр образования, науки и культуры [Электронный ресурс]: Матер. Всеросс. научно-метод. конфер.; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2024. С. 3559-3557.

13. Чмерева Т.М., Кучеренко М.Г., Мушин Ф.Ю. Спазер с трехуровневой активной средой на основе слоистого цилиндра // «Квантовая электроника», 54, № 6 (2024) –С. 347-354. ke@lebedev.ru – <http://www.quantum-electronics.ru>

Chmereva T. M., Kucherenko M. G. and F. Yu. Mushin Spaser with a Three-Level Active Medium Based on a Layered Cylinder // Kvantovaya Elektronika, 2024, Vol. 54, No. 6, pp. 347–354. ISSN 1068-3356, Bulletin of the Lebedev Physics Institute, 2024, Vol. 51, Suppl. 9, pp. S728–S740. © Allerton Press, Inc., 2024.

14. Чмерева Т.М., Кучеренко М.Г., Дмитриев А.Д. Тушение электронно-возбужденных состояний квантовых точек металлической нанопроволокой // Оптика и спектроскопия, 2015. – Т. 118. – №2. – С. 300-306.

15. Кучеренко М. Г., Чмерева Т. М. Перенос энергии в цилиндрической наноструктуре, состоящей из металлической жилы и коаксиальной оболочки с молекулами люминофора // Ж. приклад. спектр. 2017. Т. 84. – № 3. – С. 358-367.

16. Чмерева Т.М. Кучеренко М.Г., Мушин Ф.Ю., Егорова Д.В. Одномерные поверхностные плазмоны в цилиндрической оболочечной наноструктуре // Хим. физика молекул и полифункц. материалов: сб. материалов междунар. науч. конф., Оренбург, 28-30 нояб. 2022 г. – Оренбург: ОГУ, 2022. – С. 33-37.

17. Чмерева Т.М., Кучеренко М.Г., Мушин Ф.Ю. Взаимодействие одномерных поверхностных плазмонов с органическими молекулами диэлектрического сердечника нанопроволоки // XII Международ. конфер. по фотонике и информ. оптике: Сборник науч. трудов. М.: НИЯУ МИФИ, 2023. – 664 с. – С. 310-311.

УПРАВЛЯЕМОЕ СТИРАНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ФОТОХРОМНОМ МАТЕРИАЛЕ НА ОСНОВЕ БАКТЕРИОРОДОПСИНА

Лантух Ю.Д., канд. физ.-мат. наук, доцент,

Алиджанов Э.К., канд. физ.-мат. наук,

Раздобреев Д.А., канд. хим. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В работе представлены результаты по исследованию записи и стирания оптической информации в фотохромном материале на основе бактериального родопсина (БР) в пленочной форме. Источником записи служил DPSS YAG-Nd лазер с $\lambda = 532$ нм. Записывалось изображение оптического транспаранта, которое затем самопроизвольно стиралось в результате темновой регенерации БР в исходную форму при комнатной температуре. Ускоренное стирание производилось либо повышением температуры материала, либо излучением фиолетового ($\lambda = 405$ нм) лазера.

Фотохромный процесс – это частный случай фотохимических реакций и фотофизических превращений, основной особенностью которого является обратимость. Прямой фотохромный процесс происходит под действием света на вещество A , которое поглощает фотон $h\nu_1$ и переходит в продукт B . Обратная реакция $B \rightarrow A$ может происходить как при поглощении кванта света ($h\nu_2$), так и спонтанно за счет тепловой энергии kT .

В ответ на поглощение кванта света бактериородопсин пурпурных мембран галобактерий BR570 (форма A) обесцвечивается, вступая в цикл фотохимических превращений. При этом происходит изомеризация ретиналя BR570 с последующим образованием формы $B(412)$. Этот процесс обратим, и в темноте протекает в обратном направлении [1].

В Институте Теоретической и Экспериментальной Биофизики РАН на основе БР создан фотохромный пленочный материал «Биохром-БМ» [2]. Он имеет следующие характеристики: чувствительность до 10^{-3} Дж/см², разрешение 10000 мм⁻¹, число циклов более 10^5 , время хранения информации от долей секунды до часов и суток. Поглощение исходной формы A находится в области 450-750 нм, наведенной формы B — в области 280-450 нм (т.е. материал обладает хорошей контрастностью). Срок хранения более 10 лет. В исходном (до экспозиции) состоянии пленка имеет пурпурный цвет.

В нашей работе изображение (Рисунок 1), получено проецированием оптического транспаранта (Рисунок 2) на образец пленки Биохром на установке, оптическая схема которой (Рисунок 3) включала лазер (KLM-532 $\lambda = 532$ нм), линзовую систему, объект съемки - транспарант и фотокамеру. Мощность лазера составляла 20 мВт, время экспозиции 15 с.

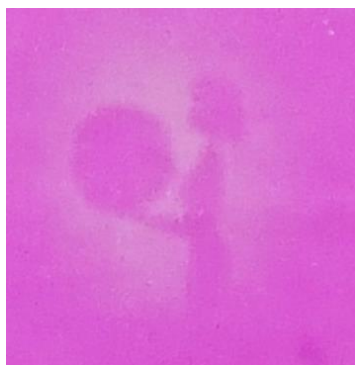


Рисунок 1 – Пленка Биохром с оптическим изображением



Рисунок 2 - Оптический транспарант

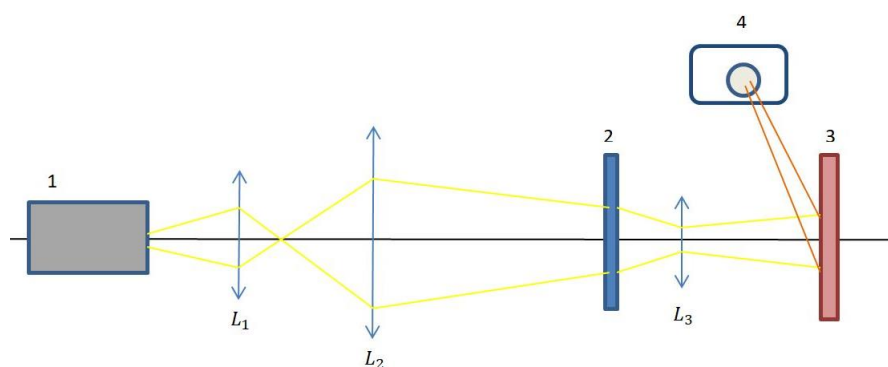


Рисунок 3 – Схема экспериментальной установки: 1 – лазер; L_1, L_2, L_3 – линзы; 2- транспарант; 3- пленка бактериородопсина; 4- фотокамера

Контраст изображения составлял около 25%, что обусловлено как понижением характеристик материала в процессе длительного хранения, так и регенеративными процессами, протекающими параллельно записи.

Время существования изображения (минуты) соответствует времени самопроизвольного восстановления окраски БР после экспонирования [3].

С целью произвольного стирания изображения в пленке БР образец подвергался облучению излучением лазера с длиной волны 405 нм (плотность мощности $2,5 \times 10^3$ Вт/м²). Такая возможность обусловлена попаданием $\lambda = 405$ нм в спектр поглощения формы В БР [4].

В этом случае процесс оптического стирания изображения происходит практически мгновенно с эффективностью 100%, после чего оптическая плотность материала (и другие характеристики) исходной формы А восстанавливаются.

Исследовалось также влияние температуры на скорость восстановления исходной формы А образца после обесцвечивания пленки лазерным излучением.

Пленочный образец БР помещался в термостатируемую камеру с прозрачными оптическими окнами. Импульсное обесцвечивание и непрерывное зондирование образца осуществлялось YAG-Nd лазером с

$\lambda = 532$ нм [5]. Одна часть пучка излучения лазера мощностью 100 мВт в течение 5 с обесцвечивала образец. Другая часть (1 мВт) просвечивала образец постоянно.

В момент обесцвечивания пленки БР интенсивность прошедшего образец пучка возрастала, а затем по мере восстановления окраски образца, возвращалась к исходному уровню.

Кинетические кривые $I=f(t)$ восстановления окраски пленки БР регистрировались прибором FieldMaster GS (Coherent). I – интенсивность зондирующего пучка лазера (532 нм), прошедшего через образец.

Кинетическая кривая релаксации наведенной оптической плотности ΔD образца, полученная при 30°C, приведена на рис. 4.

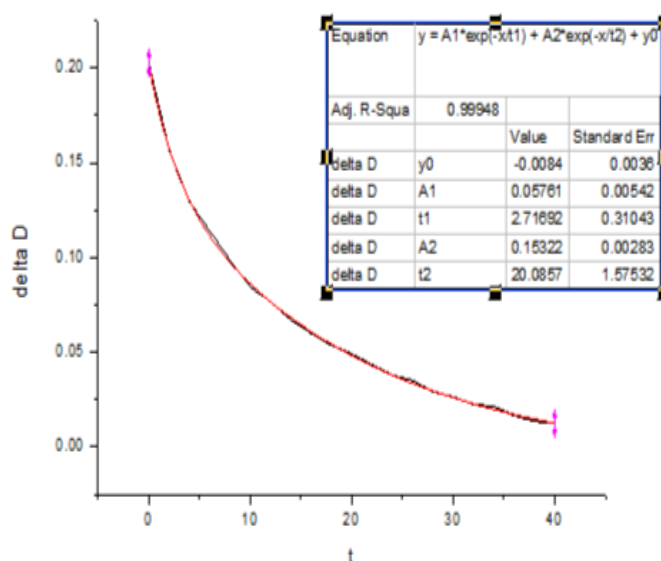


Рисунок 4 - Кинетическая кривая релаксации наведенной оптической плотности

Биэкспоненциальный характер кинетики процесса $B \rightarrow A$ может указывать на число темновых стадий и активных промежуточных продуктов фотоцикла БР в высоковязком состоянии полимерной матрицы, который соответствует нашему случаю. А это может прояснить ситуацию с вовлеченностью возможных интермедиатов в фотоцикл БР.

С повышением температуры скорость релаксации возрастает, что объясняется увеличением скорости темновых реакций восстановления исходной формы белка. На этой основе предложена модель датчика температуры окружающей среды. К преимуществам такого датчика можно отнести: бесконтактность (датчик чисто оптический), компактность, широкий интервал температур и число фотохромных циклов более 10^5 .

Возможность голографической записи в данном образце исследовалась нами ранее [6].

Таким образом, в работе исследовалась запись оптической информации в пленке Биохром на основе бактериального родопсина. Показано, что при повышении температуры время фотохромной регенерации пленок в исходную форму сокращается. На этой основе предложена модель бесконтактного

датчика температуры окружающей среды. Продемонстрирована возможность произвольного (принудительного) стирания записи лазерным излучением фиолетового диапазона с последующим восстановлением оптических свойств образца.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России, проект № FSGU-2023-0003.

Список литературы

1. Всеволодов Н.Н. Биопигменты – фоторегистраторы: фотоматериал на бактериородопсине / Н.Н. Всеволодов — М.: Наука, 1988. — 224 с.

2. Дружко А.Б. Бактериородопсин: фундаментальные аспекты и возможности для практического применения / А.Б. Дружко — М.: РАН, 2022. — 92с.

3. Лантух Ю.Д. Оптические свойства пленок на основе бактериородопсина / Лантух Ю.Д., Алиджанов Э.К., Раздобреев Д.А. — Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. 01–03 февраля 2024 года. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции. Оренбург, с. 3470-3473.

4. Лантух Ю.Д. Обратимая оптическая запись в фотохромном материале на основе бактериородопсина / Лантух Ю.Д. — Теория и практика инновационных исследований в области естественных наук. Сборник материалов конференции. Оренбург, 2024. С. 255-258.

5. Лантух, Ю. Д. Влияние температуры на фотохромные свойства пленок бактериородопсина / ХОЛОЭКСПО 2024: XXI Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям: тезисы докладов.— Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024. — С. 304–305.

6. Лантух, Ю. Д. Фотохромные свойства пленки Биохром после 30-летней консервации / HOLOEXPO 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям: Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 464–467.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ОДНОРОДНОГО КУБА

Макаров В.Н.¹, канд. физ.-мат. наук, Шлейгер Л.А.², Карасев А.А.³

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»;

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН;

³Уральский федеральный университет им. первого Президента
России Б. Н. Ельцина

Исследования гравитационных полей сложной формы представляет большой интерес для таких областей исследования, как геофизика, астрофизика, математическая физика и других. Ранее авторами исследовалось гравитационное поле однородного куба для классического и релятивистского случая [1]. Цель настоящей работы – подробно рассмотреть визуализацию гравитационного поля однородного куба (относительно напряженности и потенциала гравитационного поля). Актуальность исследования обоснована тем, что несмотря на разнообразие научных работ по исследованию гравитационных полей тел сложной формы, визуализации самих гравитационных полей уделяется мало внимания.

Следует отметить, что астрономические тела в форме куба в Солнечной системе пока не обнаружены, существуют объекты, чья форма может описываться кубическими параметрами, хотя и не является строго кубической. Например, астероид Рюгу имеет форму, близкую к кубической (рисунок 1), однако более строго его форму можно описать как куполообразную [2].



Рисунок 1 – Условное сопоставление формы куба с астероидом Рюгу.
Визуализация выполнена на основе данных из [2]

Как отмечено в [1], формула, которая наиболее удобна при описании потенциала гравитационного поля однородного куба и приведена в работе [3], имеет вид:

$$U = \sum_{i=0, j=0, k=0}^1 \left(\begin{array}{l} x_i y_i \operatorname{th}^{-1} \left(\frac{z_k}{r_{ijk}} \right) + y_j z_k \operatorname{th}^{-1} \left(\frac{x_i}{r_{ijk}} \right) + z_k x_i \operatorname{th}^{-1} \left(\frac{y_j}{r_{ijk}} \right) \\ - \frac{x_i^2}{2} \tan^{-1} \left(\frac{y_j z_k}{x_i r_{ijk}} \right) - \frac{y_j^2}{2} \tan^{-1} \left(\frac{z_k x_i}{y_j r_{ijk}} \right) - z_k^2 \tan^{-1} \left(\frac{x_i y_j}{z_k r_{ijk}} \right) \end{array} \right), \quad (1)$$

где $x_1 = a - x_0$, $y_1 = b - y_0$, $z_1 = c - z_0$;

x_0, y_0, z_0 – начало координат;

a, b, c – ребра прямоугольной призмы;

$r_{ijk} = \sqrt{x_i^2 + y_j^2 + z_k^2}$, $i, j, k = 0, 1$;

константы определены как $G = \rho = 1$.

Однако формула (1), представленная в работе [3], имеет неточность, а именно вместо z_k^2 необходимо записать $\frac{z_k^2}{2}$. Таким образом, корректная формула выглядит так:

$$U = \sum_{i=0, j=0, k=0}^1 \left(\begin{array}{l} x_i y_i \operatorname{th}^{-1} \left(\frac{z_k}{r_{ijk}} \right) + y_j z_k \operatorname{th}^{-1} \left(\frac{x_i}{r_{ijk}} \right) + z_k x_i \operatorname{th}^{-1} \left(\frac{y_j}{r_{ijk}} \right) \\ - \frac{x_i^2}{2} \tan^{-1} \left(\frac{y_j z_k}{x_i r_{ijk}} \right) - \frac{y_j^2}{2} \tan^{-1} \left(\frac{z_k x_i}{y_j r_{ijk}} \right) - \frac{z_k^2}{2} \tan^{-1} \left(\frac{x_i y_j}{z_k r_{ijk}} \right) \end{array} \right) \quad (2)$$

Проследить разницу между этими двумя формулами позволяет сравнение эквипотенциальных поверхностей (рисунок 2), где для формулы (1) получаем нефизичные решения.

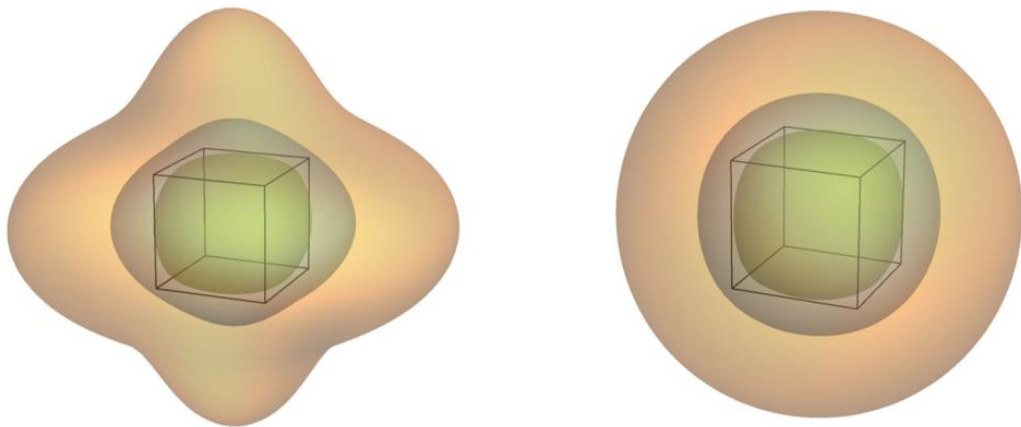


Рисунок 2 – Визуализация эквипотенциальных поверхностей, полученная с помощью формул (1) – слева и (2) – справа

Для визуализации напряженности и потенциала гравитационного поля однородного куба используется формула (2). Визуализацию потенциала приведем на рисунке 3.

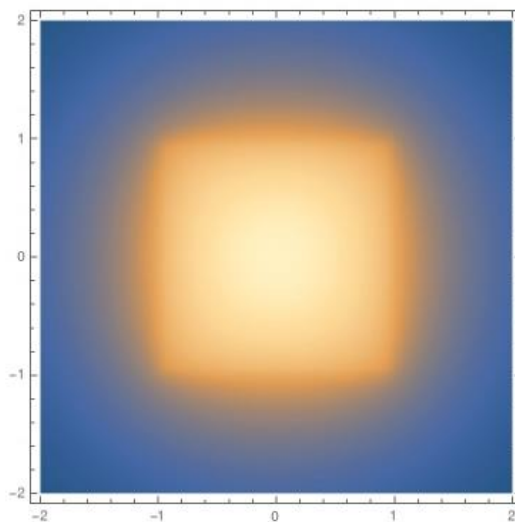


Рисунок 3 – Потенциал гравитационного поля однородного куба в плоскости x, y

Здесь и далее синим цветом на рисунках обозначены области с наименьшим значением, а желтым – наибольшим. Как следует из формулы (2) – в центре куба потенциал будет принимать наибольшие значения, а за границами куба значения потенциала будут быстро убывать. Несмотря на то, что изображение, приведенное на рисунке 3, напоминает куб (квадрат), следует отметить, что потенциал гравитационного поля однородного куба за пределами его границ очень близок к потенциалу гравитационного поля шара. Это описано, например, в работе [4]. Приведем визуализацию потенциала гравитационного поля однородного куба в трех пространственных измерениях (рисунок 4).

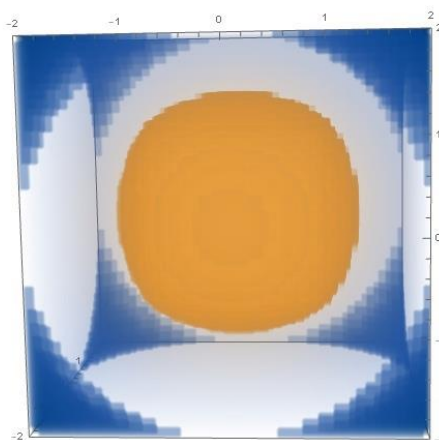


Рисунок 4 – Потенциал гравитационного поля однородного куба в координатах x, y, z

Приведенная форма напоминает сфероид и согласуется с результатами [1].

Как известно из [5]:

$$\vec{g} = -\nabla U. \quad (3)$$

Используя формулу (3) получим визуализацию напряженности гравитационного поля однородного куба, представляющую собой векторное поле (рисунок 5).

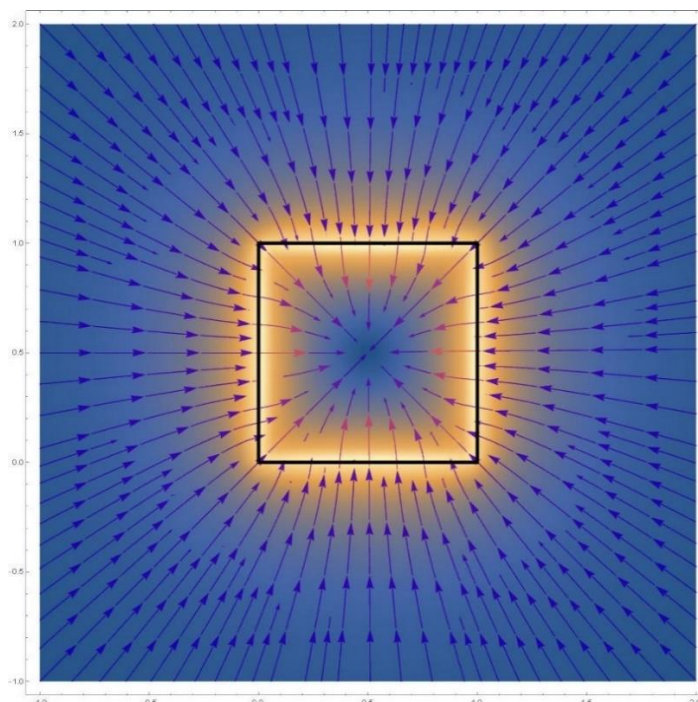


Рисунок 5 – Напряженность гравитационного поля однородного куба в области координат x, y

Из рисунка 5 видно, что максимальное значение напряженности распределено около поверхности куба. Полученный результат соответствует результатам, полученным в работе [6], и существенно их дополняет. Приведем визуализацию напряженности гравитационного поля однородного куба в трех пространственных измерениях (рисунок 6).

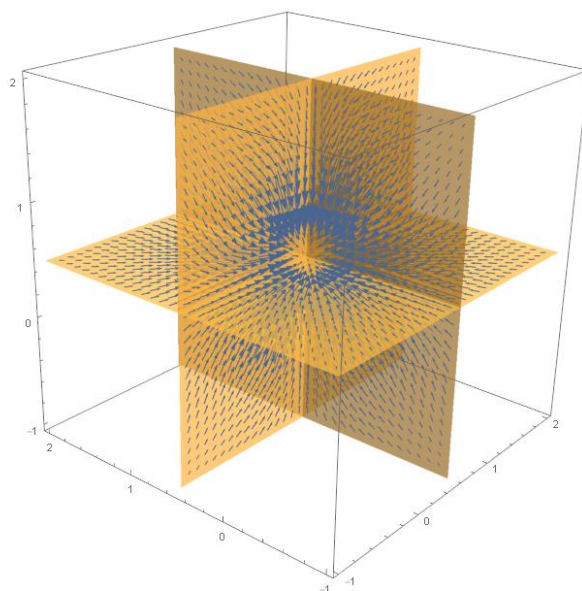


Рисунок 6 – Напряженность гравитационного поля однородного куба в области координат x, y, z

Эта визуализация позволяет наиболее полно рассмотреть распределение напряженности исследуемого гравитационного поля. Полученные результаты позволяют достигнуть цели, поставленной в настоящей работе.

Список литературы

1. Макаров В.Н., Шлейгер Л.А., Карасёв А.А. Гравитационное поле однородного куба. Классический и релятивистский случай //Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Физико-математические науки». – 2024. – Т. 28. – №. 2. – С. 302-323.
2. Watanabe S. et al. Hayabusa2 arrives at the carbonaceous asteroid 162173 Ryugu – A spinning top-shaped rubble pile //Science. – 2019. – Т. 364. – №. 6437. – С. 268-272.
3. Waldvogel J. The Newtonian potential of a homogeneous cube //Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik ZAMP. – 1976. – Т. 27. – №. 6. – С. 867-871.
4. Sanny J., Smith D. How Spherical Is a Cube (Gravitationally)? //The Physics Teacher. – 2015. – Т. 53. – №. 2. – С. 111-113.
5. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. – Т. 2. – Наука, 1988.
6. Chappell J. M. et al. The gravity field of a cube //Physics International. – 2013. – Т. 3. – №. 2. – С. 50-57.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ СВЯЗИ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ОСНОВАМ АСТРОНОМИИ

Макаров В.Н., канд. физ.-мат. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Знания по астрономии играют ключевую роль в формировании всесторонне развитой и социально ответственной личности [1]. Они способствуют выработке понимания основных направлений научного прогресса. Астрономические знания являются фундаментальными элементами научной картины мира и необходимы для общего образования, а также для воспитания и развития школьников и студентов. Астрономическое образование молодого поколения признается актуальным всеми современными педагогами и методистами. Тем не менее, за последние десятилетия наблюдается значительное ухудшение качества астрономических знаний у выпускников средних учебных заведений, что подтверждается рядом научных работ, например, [2, 3].

Одним из способов улучшения качества астрономических знаний у школьников и студентов является формирование междисциплинарных связей. Существование междисциплинарных связей между физикой и астрономией очевидна и ранее была рассмотрена во множестве публикаций [4]. В настоящей работе будет рассмотрена менее очевидные междисциплинарные связи, а именно междисциплинарные связи между математикой, информатикой и астрономией при обучении студентов на примере задачи из Регионального этапа олимпиады по астрономии 2017 года (11 класс).

Задача сформулирована следующим образом: «В Галактике Млечный Путь раз в 20 лет вспыхивают Сверхновые II типа с абсолютной звездной величиной – 18^m . Оцените, насколько часто такие Сверхновые появляются в небе Земли с блеском ярче Венеры (-4^m)? Радиус Галактики считать равным 15 кпк, поглощение света составляет 2^m на кпк».

Для решения данной задачи воспользуемся формулой Погсона [5]. Подставляя данные из условия задачи, получим уравнение:

$$5 \lg r + 0.002 \cdot r = 19 \quad (1)$$

где r – расстояние между наблюдателем и сверхновой.

Авторами задачи предлагается решать приведенное уравнение методом подбора, однако, это очень затяжной и ненадежный метод. Его можно дополнить различными численными методами, например, метод «деления отрезка пополам», что намного увеличит время решения и сформирует междисциплинарные связи между математикой (численные методы) и астрономией.

Уравнение (1) возможно решить и аналитически, используя W -функцию Ламберта, которая часто применяется при решении различных физических и астрономических задач [6]. Тем самым использование данного метода решения формирует междисциплинарные связи между математикой (специальные математические методы и функции) и астрономией. В результате получим:

$$r = 2500 \frac{W\left(\exp\left(\frac{19 \cdot \ln 10}{5}\right) \cdot 0.0004 \cdot \ln 10\right)}{\ln 10} \approx 1534.84 \text{ пк.}$$

Уравнение (1) возможно решить, как графически, так и с помощью специализированных программных средств, например, **Wolfram Mathematica** и **MathCAD**. Это наиболее актуально для студентов физико-математических и инженерных направлений.

Графическое решение приведено на рисунке (1).

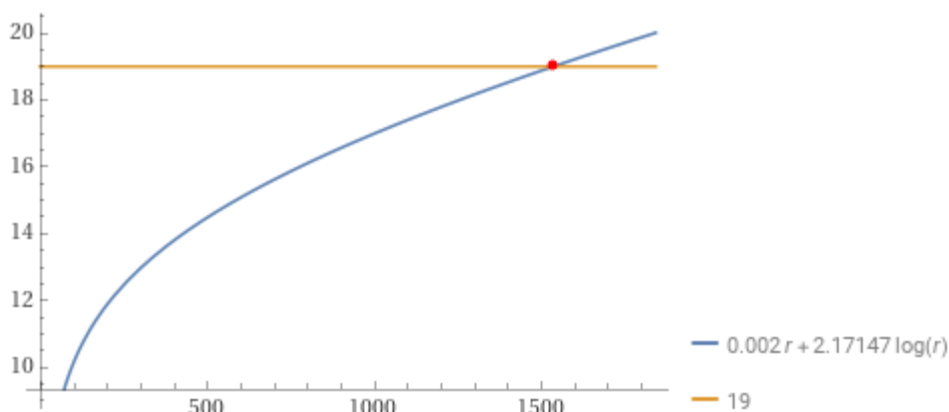


Рисунок 1 – Графическое решение уравнения (1)

Также в этой задаче используется понятие геометрической вероятности. Тем самым использование данного метода решения формирует междисциплинарные связи между теорией вероятности и астрономией. Для ответа на вопрос задачи: «насколько часто такие Сверхновые появляются в небе Земли с блеском ярче Венеры (-4^m)?» – найдем геометрическую вероятность η рассматриваемого события:

$$\eta = \frac{4\pi r^2}{4\pi R^2} = \left(\frac{r}{R}\right)^2 \approx 0.01047,$$

где R – радиус Галактики.

Таким образом подобное событие появляется примерно один раз в 2000 лет (точнее 1910 лет).

После решения задачи стоит упоминать важные сведения из истории науки. На протяжении истории одной из самых ярких сверхновых звезд была замечена в мае 1006 года одновременно швейцарскими монахами, арабскими

учеными и китайскими астрономами. Для людей того времени эта внезапно возникшая на небосводе звезда казалась чем-то чудесным и в течение полуторогодичного периода сияла в два раза ярче Венеры. Ее свет был виден даже в дневное время [7].

Приведенная информация увеличивает интерес студентов к астрономии и формирует междисциплинарные связи между историей науки и астрономией.

Приведенный пример показывает какие обширные междисциплинарные связи между астрономией, физико-математическими дисциплинами и историей науки возможно построить для формирования емких астрономических знаний.

Список литературы

1. *Дугашев В. В.* О новых возможностях межпредметных связей физики и астрономии // Мир науки, культуры, образования. – 2009. – №. 6. – С. 151-154.

2. Методические основы формирования системы астрономических знаний в курсе физики средней общеобразовательной школы: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02: Челябинск, 1999. – 570 с.

3. *Гурина Р. В.* Управленческие эксперименты с содержанием образования и педагогическая наука: телега впереди лошади // Профессиональное образование в современном мире. – 2018. – Т. 8. – №. 1. – С. 1610–1617.

4. *Спиридонова Т. Н.* Некоторые актуальные проблемы преподавания физики //Математика и информатика, физика, астрономия и экономика. – 2008. – С. 43-49.

5. *Кононович Э. В., Мороз В. И.* Общий курс астрономии. Изд. 2-е //М. Изд. УРСС. – 2004.

6. *Дубинов А.Е., Дубинова И.Д., Сайков С.К.* W-функция Ламберта и ее применение в математических задачах физики. – Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики», 2006. – 160 с.

7. *Ловелиус Н. В., Ретеюм А. Ю.* Отклик Арктики на вспышки сверхновых звезд //Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). – 2019. – №. 1 (50). – С. 97-100.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАБОТЕ С МЕДИЦИНСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ И МЕДИЦИНЕ

Максимов Д.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Магнитно-резонансная томография – самый современный и эффективный метод диагностики, который помогает врачу точно диагностировать проблему со здоровьем или ее отсутствие. МРТ имеет ряд преимуществ перед КТ и рентгенографией, в первую очередь, это безопасность для человека и точность получаемых результатов, единственный минус – достаточно высокая стоимость данной процедуры и, конечно, самого аппарата, комплектующих и вспомогательных инструментов. 3D печать может помочь в продаже и обслуживании МРТ.

Каким образом в сфере обслуживания сложной медицинской техники (МРТ, КТ и пр.) используются 3D принтеры?

При обслуживании магниторезонансных томографов требуются дорогие устройства для решения определенных задач. К примеру, чтобы получить однородность магнитного поля, необходимо произвести шиммирование. Есть такое понятие как «шим-девайс», это некий дорогостоящий инструмент, который не относится к медицинской технике, но необходим для ее правильного функционирования.

Его очень трудно достать, так как производится он в эксклюзивных немногочисленных партиях, купить практически невозможно. Поэтому необходимо сделать такое же устройство, либо такой же прототип. 3D моделирование вкупе с 3D принтерами позволяют произвести такой инструмент.

Еще одно направление по применению 3D печати в МРТ – разработка антенн для поиска радиопомех. Внутри прибора размещена электроника, но вся корпусная часть делается на 3D принтере. Также есть катушки для МРТ, печатаются необходимые запчасти, крепежи и т.д.

Из чего производятся подобные устройства и инструменты?

МРТ работают под магнитным полем, поэтому изготовление каких-то стальных конструкций невозможно, это приведет к искажению магнитного поля. Чтобы этого избежать, используется пластик или алюминий.

Специфика и эффективность использования 3D оборудования в сфере МРТ.

В этой сфере 3D принтеры не окупили себя с точки зрения бизнеса. Они окупили себя с точки зрения скорости. Время - это трудозатраты, а также большие деньги, и поэтому тратится 1 млн руб. на покупку оборудования, но зато это ускоряет весь процесс производства в 5-7 раз.

Все прототипы печатаются из пластика на 3D принтере, как только

получается идеальный, «вылизанный» вариант, модель отдается для создания на промышленном 3D принтере конечного продукта из полиамида в сторонних компаниях. Точность и качество поверхности там кратно лучше для этих целей. Полиамид дает более ровную поверхность, что гораздо лучше для покраски, достаточно двукратного нанесения грунта и краски без шлифовки.

Особенно это актуально для сложных вогнутых изделий. Все же нужно делать функциональную и красивую продукцию. Такое дорогостоящее оборудование стоит от 1-2 миллионов, и приобретать его нецелесообразно.

Еще один пример – изготовление прототипов специализированных катушек для МРТ, которые делаются практически полностью на 3D принтере. В России этим в принципе никто не занимается, нет ни компаний, которые бы их делали, ни обучения по созданию катушек. Но есть потребность, и не только в нашей стране, но и во всем мире.

Катушка МРТ представляет собой комплекс узкодиапазонных направленных антенн, который позволяет улавливать магниторезонансный сигнал от исследуемого объекта. По сути, это измерительное устройство, которое регистрирует сигналы исследуемых частей тела пациента

Катушки обтягиваются кожей для более удобного использования - мыть и чистить кожу намного проще, чем другие материалы.

3D печать против альтернативных способов производства. Раньше делали макеты из эпоксидной смолы и стеклоткани. Так как это ручная работа, повторяемость в данном случае очень низкая.

Плюсы и минусы 3D печати. У 3D печати колоссальные плюсы, если разработан и протестирован уже окончательный прототип, то потом уже ничего не требуется, только передать STL-файл на печать на промышленном принтере с идеальным качеством поверхности.

Минус FDM печати – даже толщина слоя 0,1 мм не дает возможности печатать готовую продукцию в этой сфере. В идеале нужен пластик, очень легкий в обработке и покраске, с которым будет быстрее достигаться продажный вид.

Так как приходится много печатать, если вдруг понадобится, к примеру какая-то деталь для аппарата, проще нарисовать ее и произвести на 3D принтере. Это будет гораздо быстрее, чем тратить время на поиски, деньги на бензин.

Биопечать представляет собой один из специализированных методов 3D-печати, активно применяемых в медицине. Вместо традиционных материалов, таких как пластик или металл, биопринтеры используют шприц-дозаторы для нанесения биочернил, состоящих из живых клеток или их структурирующих матриц, с целью создания искусственных тканей. Эти тканевые конструкции или органоиды могут служить не только альтернативой донорским тканям, но также находят применение в медицинских исследованиях [1].

Системы 3D-биопечати могут быть лазерными, струйными или экструзионными, однако струйная технология является наиболее распространенной. Использование нескольких печатающих головок позволяет

располагать разнообразные типы клеток (например, органоспецифичные клетки, клетки сосудов и мышечные ткани), что критически важно для создания тканей и органов с различными клеточными составляющими. В будущем 3D-печать биологических материалов может быть применена для регенерации тканей и, возможно, для создания органов непосредственно на пациентах.

Современные хирурги стремятся минимизировать травматичность операций, что делает персонализированные инструменты крайне необходимыми [2]. 3D-печать предоставляет возможность разработать такие инструменты всего за несколько часов. Врач может самостоятельно адаптировать готовую модель, придавая ей нужные размеры и форму для повышения удобства и эффективности работы. Например, стоматологи могут прямо в клинике создавать индивидуальные направляющие, которые исключают риск повреждения здоровых зубов при протезировании.

Технологии 3D-печати уже находят применение в фармацевтических исследованиях и персонализированной медицине, и их использование продолжает расширяться [3]. Такой подход предоставляет возможность точного контроля дозировки препаратов и производства лекарственных форм со сложными профилями высвобождения и пролонгированным действием. Фармацевты могут учитывать фармакогенетические характеристики пациента, такие как возраст, вес и пол, чтобы определить оптимальную дозу лекарств и порядок их применения. При необходимости, дозировка может быть отрегулирована в зависимости от клинического ответа. С помощью 3D-печати фармацевты могут изготавливать персонализированные медикаменты в новых рецептурах, включая таблетки с несколькими активными ингредиентами, как в виде одной однородной смеси, так и в виде сложных многослойных форм.

3D-печать активно применяется в медицине для создания сложных индивидуальных протезов и хирургических имплантатов. Имплантаты и протезы любой формы могут быть изготовлены путем преобразования рентгеновских, МРТ- или КТ-снимков в 3D-модели с использованием специализированного программного обеспечения [4].

Быстрое производство нестандартных имплантатов и протезов решает важную проблему в ортопедии, поскольку стандартные имплантаты зачастую не соответствуют анатомическим особенностям пациентов. Это также актуально для нейрохирургии, где форма черепа у каждого человека уникальна, что затрудняет стандартизацию черепных имплантатов. Ранее хирургам приходилось прибегать к различным инструментам для корректировки и подгонки имплантатов, иногда прямо во время операции. Однако использование 3D-принтеров устраняет необходимость в этом процессе. Аддитивные технологии особенно полезны, когда требуется срочное изготовление имплантатов.

Список литературы

1. Б. Бхушан, М. Касперс. Обзор аддитивного производства (3D-печати) для микропроизводства. [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128197240000355>

2. С.С., Й. Стампфл, М. Гурр, Р. Мулхаупт. Полимеры для 3D-печати и индивидуального аддитивного производства. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590238521005178>

3. Х. Линь, Л. Ши, Д. Ван. Быстрая и интеллектуальная техника проектирования для индивидуального и 3D-печатного ортопедического литья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435120305183>

4. К. Ван Алсеной, О. Жирар. Влияние пользовательских ортезов для стопы EVA и TPU на механику бега. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751616117305891>

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА

Максимов Д.В.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Инсульт занимает второе место по распространенности среди причин смертности и является главной причиной инвалидности. Каждый год в мире фиксируется примерно 2400 случаев инсульта и 500 транзиторных ишемических атак на 1 миллион человек. С 2002 года инсульт стал причиной второй по значимости смертности от цереброваскулярных заболеваний.

Ишемические инсульты составляют около 85% всех случаев, из которых 60% обусловлены тромбозами, 20% — эмболиями церебральных сосудов, а 5% — другими причинами. Геморрагические инсульты составляют примерно 15% и включают 10% внутримозговых и 5% субарахноидальных кровоизлияний.

Инсульт является одной из основных причин инвалидности, значительно меняя жизнь как самого пациента, так и его близких, что влечет за собой серьезные обязательства и заметное снижение трудоспособности.

Экономические последствия инсульта колоссальны. В США годовые прямые затраты, включая расходы на госпитализацию, лечение, медицинское оборудование, оплату труда медицинского персонала, реабилитацию и помощь на дому, составляют около 65,5 миллиардов долларов. Это лишь часть проблемы, так как необходимо учитывать также косвенные экономические потери, связанные с инвалидностью и смертностью, которые могут негативно сказаться на финансовом положении семьи и общества в целом.

В нашей стране уровень заболеваемости и смертности от инсульта остается высоким по сравнению с другими государствами, что в значительной степени может быть связано с широким потреблением табака и алкоголя, являющимися основными факторами риска.

Для восстановления когнитивных функций после инсульта и других неврологических заболеваний разработаны различные программы реабилитации.

При разработке была поставлена цель – создать приложение для операционной системы Android, так как это одна из самых доступных систем, к тому же для Android устройств довольно легко собрать приложение.

Во время работы особое внимание уделялось наполнению этого приложения, нужно было придумать такие задания, которые не будут слишком сложными и не будут использованы просто так.

Приложение построено таким образом, что задания имеют форму игры, то есть используются элементы геймификации. Геймификация представляет собой внедрение игровых элементов в неигровые сферы с целью повышения мотивации, вовлеченности и достижения поставленных целей. Основная идея

геймификации заключается в преобразовании обыденных задач в увлекательные игровые испытания, что способствует активизации пользователей и их стремлению к выполнению целей.

Реабилитация нацелена на восстановление функций человека после заболеваний и травм, помогая ему вернуться к полноценной жизни. Геймификация может сыграть важную роль в этом процессе, предлагая инновационные методы для мотивации и вовлечения пациентов.

Преимущества геймификации:

- Улучшение вовлеченности: Игровые элементы, такие как награды, уровни и таблицы лидеров, могут сделать реабилитационные задания более привлекательными, побуждая пациентов к активному участию;

- Повышение мотивации: Достижения в игре и возможность состязаться создают позитивную атмосферу, способствующую усилиям пациентов;

- Социальное взаимодействие: Многопользовательские игры и кооперативные задачи могут улучшить навыки общения и социальную интеграцию пациентов.

Геймификация представляет собой инновационный подход к реабилитации [1, 2], способный повысить вовлеченность, мотивацию и социальное взаимодействие. Важно учитывать индивидуальные особенности каждого пациента и адаптировать геймификационные методы под их потребности. Для глубокого понимания влияния геймификации в реабилитации необходимы дополнительные исследования и оценка ее эффективности.

Иммерсивные технологии открывают новые возможности в научных и практических исследованиях, предлагая уникальные способы взаимодействия с реальностью [3].

Для людей с когнитивными нарушениями критически важно, чтобы мобильное приложение обладало следующими характеристиками [4]:

- Легкость в освоении: Интерфейс должен быть интуитивно понятным, чтобы пользователи с ограниченными когнитивными способностями могли с легкостью им пользоваться;

- Доступность: Приложение должно предоставлять настройки для улучшения восприятия, такие как возможность изменения размера текста и контрастности, а также поддерживать голосовое управление;

- Индивидуализация: Программа должна быть адаптирована к уникальным потребностям каждого пользователя, чтобы способствовать эффективному восстановлению;

- Синхронизация с медицинскими данными: Важно, чтобы была возможность отслеживания лечебного прогресса через интеграцию с электронной медицинской картой;

- Ориентация на реабилитацию: Приложение должно включать специализированные упражнения для развития речи, двигательных функций и памяти;

- Поддержка обратной связи: Необходима функция, позволяющая пользователям общаться с врачами и другими пользователями для обмена

опытом и получения поддержки.

Кроме того, приложение должно соответствовать законодательным требованиям по защите данных, чтобы гарантировать конфиденциальность личной информации пользователей.

Для разработки мобильного приложения был выбран сервис MIT App Inventor. Этот интуитивно понятный визуальный инструмент программирования позволяет создавать полнофункциональные приложения для Android-смартфонов, iPhone и планшетов на базе Android/iOS. Даже новички могут запустить простое приложение менее чем за 30 минут. Блочная система разработки упрощает процесс создания сложных и эффективных приложений, значительно сокращая время разработки по сравнению с традиционными программными средами.

В процессе разработки были придуманы и реализованы такие задания как: Цифры, Буквы, Шары и Фигуры. В Цифрах и Буквах нужно было закрасивать контур буквы или цифры выбранным цветом, управляя кистью пальцем или при возможности стилусом. В задании Шары необходимо было управлять шаром и при этом уклоняться от вражеских шаров, за каждый шар, который ушел за пределы поля начислялись очки. В задании Фигуры необходимо было поместить фигуры на место, на вырез в зоне, по подобию трафарета. Также была встроена заставка с названием приложения, добавлено звуковое сопровождение для каждого задания.

Такие приложения помогают пациентам с когнитивными нарушениями восстанавливаться быстрее, легче и с большим интересом. Они повышают мотивацию и позволяют использовать возможности здесь и сейчас, поскольку для их работы требуется лишь ведущая рука, без необходимости перемещения.

Разработанное мобильное приложение представляет собой перспективный инструмент для улучшения реабилитации пациентов с когнитивными нарушениями и может быть дополнительно развито и популяризировано в медицинской практике.

В дальнейшем его можно расширить следующими аспектами:

- Оценка эффективности приложения среди целевой аудитории.
- Совершенствование приложения на основе отзывов пользователей.
- Исследование возможностей расширения функционала для повышения результатов реабилитации.
- Рассмотрение потенциала сотрудничества с медицинскими учреждениями для интеграции разработанного продукта в реабилитационные программы.

Список литературы

1. Колышенков В.А., Еремушкин В.А., Стяжкина Е.М. Перспективы развития систем виртуальной реальности в программах нейрореабилитации // Вестник восстановительной медицины. — 2019. — Т. 1. — № 89. — с. 52–56.
2. Рощупкин С.М. Виртуальная реальность как метод восстановления двигательных функций // Решетневские чтения. — 2018. — № 2. — с. 204–206.

3. Brunner I, Skouen JS, Hofstad H, et al. Virtual reality training for upper extremity in subacute stroke (VIRTUES). *Neurology*, No. 89(24), pp. 2413– 2421, 2017.

4. Петриков С.С., Гречко А.В., Щелкунова И.Г., и др. Новые перспективы двигательной реабилитации больных после очаговых поражений головного мозга // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. — 2019. — Т. 83. — № 6. — с. 90–99.

ВЛИЯНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ, ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ И ПРОВОДЯЩИХ НАНОЧАСТИЦ НА ГЕНЕРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВОДНОГО РАСТВОРА РОДАМИНА 6Ж

**Налбандян В.М., канд. физ.-мат. наук, доцент, Алимбеков И.Р.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В последние годы проблемы улучшения характеристик генерации лазерного излучения вызывают значительный интерес в связи с широким применением лазерных излучателей в оптоэлектронике и медицинской диагностике. Генерация света наблюдается в различных органических и неорганических средах, включая фотонные кристаллы, квантовые точки, металлические наночастицы, растворы красителей и др. [1]. Случайные лазеры – это оптические источники с неупорядоченным коэффициентом усиления поля, в которых многократное упругое рассеяние света обеспечивает обратную связь.

Авторами [1] обозначены направления возможного улучшения управляемости рабочих режимов лазеров для повышения устойчивости работы излучателей. Было показано, что комбинирование органического красителя родамина 6Ж (Р6Ж) с наноструктурами оксида цинка (ZnO) значительно улучшает характеристики лазерного излучения. Использование случайных лазерных систем на основе оксида цинка перспективно в фотокатализе, а также открывает новые возможности для улучшения технологий солнечных элементов и экологически чистых катализаторов в химической переработке [2].

Эффективность случайного лазера можно повысить, также добавляя в активную среду плазмонные наночастицы из благородных металлов, как это было сделано в работе [3]. Эти наночастицы значительно усиливают локализованные электромагнитные поля, что, в свою очередь, увеличивает эффективность генерации случайного лазера. Разные концентрации красителя родамина 6Ж, используемого в качестве активной среды, позволяют оптимизировать выход лазерного излучения. Исследования показали, что некоторые оптимальные концентрации Р6Ж обеспечивают наилучшую эффективность случайного лазера [3]. В работе [4] изучался случайный лазер, образованный добавлением наночастиц диоксида кремния (SiO_2) в раствор родамина 6Ж [4]. Было показано, что применение силикатных наночастиц перспективно не только при разработке лазеров с улучшенными характеристиками, но и для развития новых практических приложений в области фотоники и лазерных технологий.

В работе [5] дается физическая интерпретация наблюдающегося в экспериментах существенного понижения порогов суперлюминесценции и коротковолнового смещения максимума спектра вынужденного излучения раствора лазерного красителя родамина 6Ж с агломерированными

наночастицами серебра.

В данной работе экспериментально показано, что добавление наночастиц различной природы в водный раствор красителя способствует понижению порога генерации.

Материалы и методы. Химическим путем были синтезированы сферические наночастицы из разных материалов. Измерения размеров и дзета-потенциала частиц проводились с использованием метода динамического рассеяния света на спектрофотокоррелометре Malvern Zetasizer Ultra.

1) Синтез наночастиц **оксида кремния SiO₂** проводился по известному методу Штобера [6]. Он включает в себя две стадии: гидролиз и конденсация. Полученный коллоидный раствор наночастиц фильтровался на вакуумной установке деионизированной водой (два раза) и этиловым спиртом (один раз). Осадок высушивался при 300°C на воздухе в течении 1 часа. Таким методом были синтезированы три образца НЧ диоксида кремния с размерами D₁=400, D₂=490, D₃=650 нм и дзета-потенциалами -15.2, -27.3 и 0.51 мВ.

2) Наночастицы **оксида цинка ZnO** получали в две стадии [7]. На первой – получали частицы гидроксида цинка Zn(OH)₂ методом осаждения из цинка азотнокислого Zn(NO₃)₂*6H₂O и гидроксида калия KOH 89.9%, а на второй – получали оксид цинка ZnO термическим разложением полученного гидроксида. Полученный коллоидный раствор фильтровали с помощью вакуумной фильтрационной установки, промывая деионизированной водой (двукратно) и этанолом (однократно). Далее осадок высушивали в сушильном шкафу при 150°C. Полученный порошок гидроксида цинка Zn(OH)₂ прокаливали в печи на воздухе при 500°C в течение 1 часа. После прокаливания получали порошок оксида цинка ZnO. Диаметр полученных наночастиц составил 70 нм, дзета-потенциал – 14.8 мВ.

3) Синтез наночастиц **кобальта Co** проводился методом химического осаждения восстановлением из хлорида кобальта гидразином. Полученный осадок декантировали магнитом. Порошок дважды промывался деионизированной водой и однократно этанолом. Частицы высушивали в вакуумной печи при 100°C 3 часа. Диаметр полученных наночастиц составил 70 нм, дзета-потенциал – 1.8 мВ.

4) Наночастицы **серебра Ag** синтезированы цитратным методом (по методу Туркевича-Френса). Восстановителем металла и стабилизатором поверхности наночастиц выступал цитрат натрия, а в качестве источников атомов серебра использовался нитрата серебра (AgNO₃). В результате получали однородный коллоидный раствор серебряных наночастиц с диаметром 57 нм.

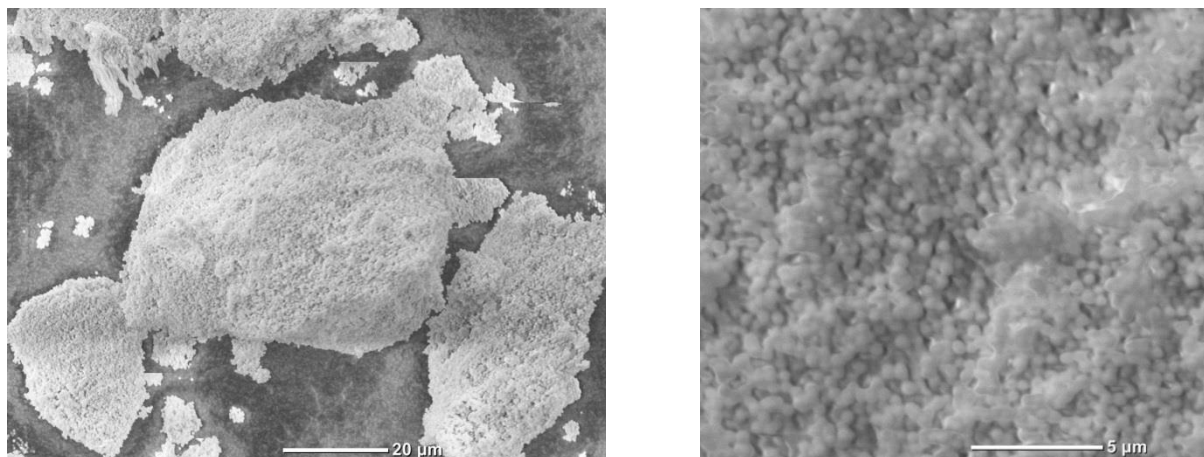


Рисунок 1 – СЭМ фотографии порошка наночастиц SiO₂

Образцы для исследования готовились следующим образом.

10 мг полученного порошка НЧ разбавляли в 10 мл дистиллированной воды и помещали в ультразвуковую ванну до полного разбавления порошка и получения однородного раствора с наночастицами. В водный раствор красителя родамина 6Ж с концентрацией $C=10^{-4}$ моль/л всегда добавляли одинаковый объем смеси дистиллированной воды и разбавленных наночастиц для сохранения концентрации красителя в окончательном образце $C=4 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

Для каждого вида НЧ готовили шесть образцов с разной объемной долей v_{NP} НЧ в общем растворе:

1) к 1.2 мл Р6Ж добавляли 0.04 мл НЧ и 1.96 мл H₂O. Таким образом, получали общий объем образца 3.2 мл с объемной долей НЧ 1.25%.

2) к 1.2 мл Р6Ж добавляли 0.06 мл НЧ и 1.94 мл H₂O. Таким образом, получали общий объем образца 3.2 мл с объемной долей НЧ 1.87%. И т.д.

3) 0.1 мл НЧ – 3.12%;

4) 0.3 мл НЧ – 9.4%;

5) 1 мл НЧ – 31.2%;

6) 2 мл НЧ – 62.4%;

7) базовый раствор для сравнения получали смешиванием 1.2 мл Р6Ж и 2 мл дистиллированной воды.

Для регистрации спектров излучения водного раствора Р6Ж была собрана экспериментальная установка, схематически показанная на рисунке 2. Оптическая накачка раствора красителя проводилась импульсами второй гармоники ($\lambda=532$ нм) Nd:YAG-лазера LQ529B с длительностью 10 нс. Энергия E лазера накачки изменялась в диапазоне от 2 до 36 мДж регулированием интервала между импульсами. Возникающее излучение в растворе направлялось в оптическое волокно, расположенное сверху кюветы. Далее сигнал передавался по оптоволокну в – ПЗС-спектрометр ВМ-6002А, синхронизированный с лазером накачки.

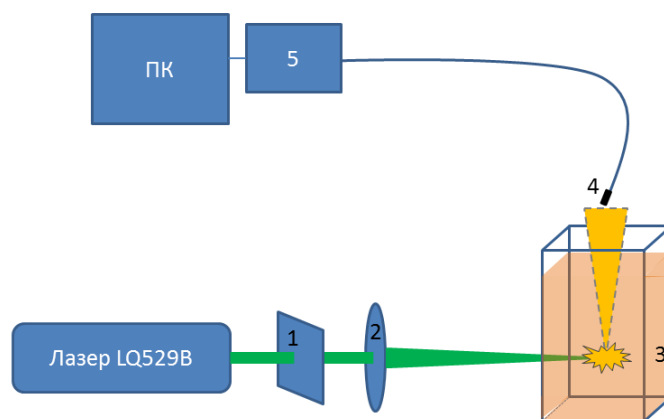


Рисунок 2 - Схема эксперимента. 1 – фильтр, 2 – собирающая линза, 3 – кювета с раствором, 4 – оптоволокно, 5 – ПЗС-спектрометр ВМ-6002А

Результаты и обсуждение. Проводилась серия измерений спектров при разных E с каждым видом наночастиц, с каждой объемной долей НЧ в растворе.

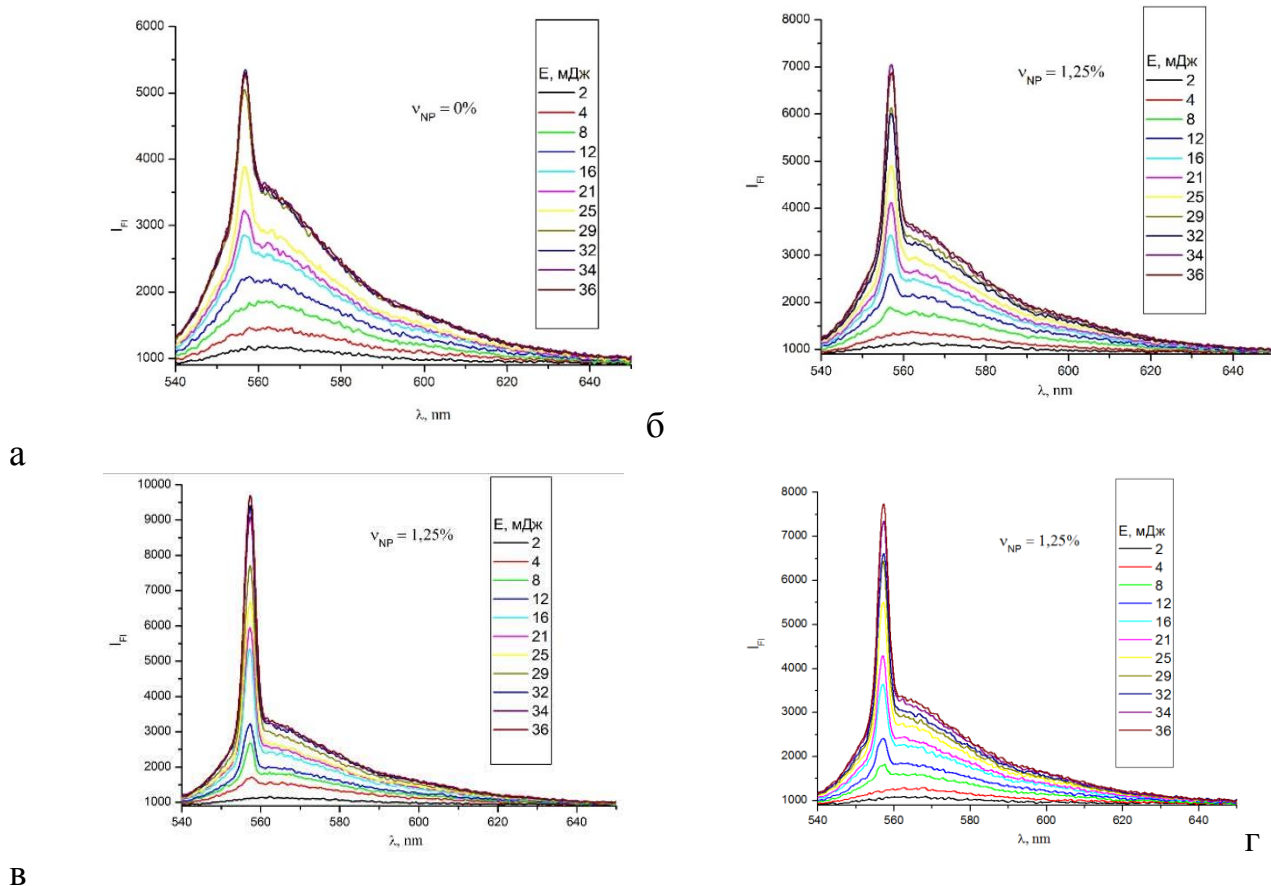


Рисунок 3 – Люминесценция водного раствора Р6Ж без НЧ (а), с добавлением SiO_2 , $D = 400$ нм (б), ZnO (в), Co (г)

Спектр излучения раствора красителя, при достижении определенной энергии накачки, искажается - в максимуме спектра появляется узкий пик, который является следствием возникновения генерации (вынужденного излучения) красителя (рис.3). Для объемной доли $v_{\text{NP}}=0\%$ НЧ в растворе генерация наблюдается при $E=12$ мДж (рис. 3а), для $v_{\text{NP}}=1.25\%$ при $E=8$ мДж (рис. 3б), т.е. порог генерации уменьшился.

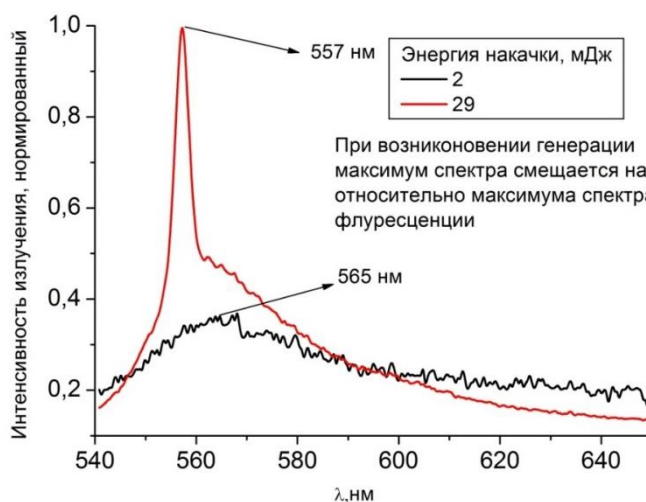
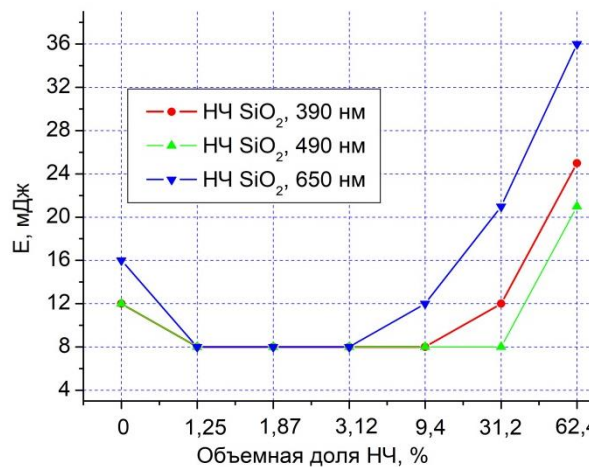
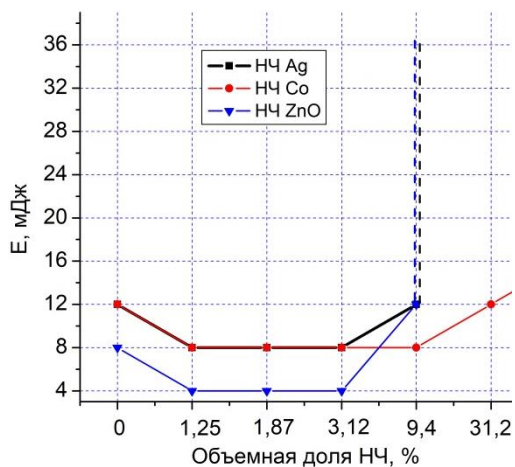


Рисунок 4 – Сравнение спектров излучения водного раствора РБЖ при разных энергиях накачки излучения остается на длине волны ≈ 557 нм.

При малых энергиях накачки, пока спектр имеет вид, соответствующий спонтанному излучению, длина волны максимума излучения составляет 565 нм (черная кривая на рис. 4). При больших энергиях накачки, когда наблюдается сужение вершины спектра, длина волны максимума излучения смещается в коротковолновую область на 8 нм. Такое смещение максимума излучения наблюдается всегда, не зависимо от материала наночастиц, максимум спектра



Вертикальные пунктирные линии означают, что генерация прекратилась и спектр снова имеет классическую форму флуоресценции

Рисунок 5 – Зависимость порога генерации водного раствора РБЖ от объемной доли НЧ. (а) Полупроводниковые и проводящие НЧ, (б) диэлектрические НЧ

Добавление любых НЧ в раствор РБЖ понижает порог генерации. Постепенное увеличение доли НЧ в растворе до $v_{NP}=3.12-9.4\%$ не меняет порог генерации, но при еще больших концентрациях порог генерации повышается. Из рис. 5 следует, что генерация наблюдается в более широком диапазоне концентраций без изменения величины порога, когда используются диэлектрические частицы SiO_2 . В случае с Ag, ZnO генерация прекращается, если объемная доля превышает значение $v_{NP}=9.4\%$.

Наиболее подходящее объяснение влияния наночастиц на порог генерации красителя можно найти в рамках двух разных предположений. 1) *Действие плазмонного механизма*. Ближнее поле плазмонных наночастиц усиливается на 6-7 порядков величины по сравнению с затравочным полем. Молекулы

красителя, попадая в эту область, излучают намного эффективнее. В качестве материала для плазмонных наночастиц может быть использовано серебро, золото, медь. 2) *Возникновение режима случайного лазера (random laser)*. Фотон, испущенный возбужденной молекулой, многократно рассеивается на наночастицах и возвращается в область возбуждения лазерного луча, способствуя вынужденному излучению. При достижении определенных значений плотности энергии оптической накачки, ширина спектра вторичного излучения в таких объектах резко сужается, а длительность импульса существенно уменьшается.

Авторы благодарят доктора физ.-мат. наук, профессора Кучеренко М.Г. за консультации и полезные советы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке МНВО РФ (проект № FSGU-2023-0003) и гранта на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития 075-15-2024-550.

Список литературы

1. Hosseini M. S. et al. Random Raman laser of Rhodamine 6G dye containing ZnO nanospheres //Journal of Luminescence. – 2021. – Т. 232. – С. 117863.
2. You J. S. et al. Angle-free random laser enabled efficient photocatalytic degradation of Rhodamine 6G molecules //APL Materials. – 2023. – Т. 11. – №. 11.
3. Haddawi M. F., Jassim J. M., Hamidi S. M. Plasmonic multi-wavelength random laser by gold nanoparticles doped into glass substrate //Journal of Optics. – 2024. – Т. 53. – №. 2. – С. 876-882.
4. Brito-Silva A. M. et al. Random laser action in dye solutions containing Stöber silica nanoparticles //Journal of Applied Physics. – 2010. – Т. 108. – №. 3.
5. Донченко В. А. и др. Особенности суперлюминесценции в растворах Р6Ж с агломерированными металлическими наночастицами //Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56. – №. 8. – С. 9-15.
6. Park S. K., Do Kim K., Kim H. T. Preparation of silica nanoparticles: determination of the optimal synthesis conditions for small and uniform particles //Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2002. – Т. 197. – №. 1-3. – С. 7-17.
7. Ghorbani H. R. et al. Synthesis of ZnO nanoparticles by precipitation method //Orient. J. Chem. – 2015. – Т. 31. – №. 2. – С. 1219-1221.

РОЛЬ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ

**Огерчук А.А., канд. пед. наук,
Анисина И.Н., канд. техн. наук, доцент,
Пискарёва Т.И., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Введение федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования третьего поколения (ФГОС ВПО), в основу которых заложен компетентностный подход, изменило требования к выпускникам инженерных направлений подготовки. Компетентностный подход, привёл к изменению методик обучения и мониторинга качества обучения. Одним из наиболее объективных способов оценивания результатов обучения студентов является тестовый контроль, позволяющий преподавателю и студенту выявить имеющиеся у него пробелы в знаниях и принять меры к их устранению на всех этапах обучения. В 2005 года Национальное аккредитационное агентство в сфере образования проводило эксперимент по введению Федерального экзамена в сфере высшего профессионального образования (ФЭПО) по дисциплинам естественнонаучного цикла в форме тестов, основной целью которого являлось оказание помощи вузам при самообследовании и принятия решений в системе внутривузовского управления качеством подготовки. Эксперимент показал высокую эффективность такой формы оценки результатов обучения.

В отечественной педагогике теория педагогического тестирования и различная классификация тестовых заданий опирается на работы В.С. Аванесова [1]. Согласно его определению: «**Педагогический тест** – это совокупность взаимосвязанных заданий возрастающей сложности, позволяющих надёжно и валидно оценить знания и другие интересующие педагога характеристики личности» [1]. Основными критериями качества педагогического теста [2] являются валидность (пригодность для достижения поставленной цели), эффективность (получение результатов контроля с минимальными временными и материальными затратами), объективность (устранение воздействия субъективных факторов) и надёжность (устойчивость результатов при повторном тестировании). Одной из самых широко используемых в образовании классификаций типов тестовых заданий является их деление на открытую (испытуемый должен предложить свой ответ) и закрытую форму (испытуемый выбирает из готовых вариантов ответов). Примером теста первого типа является задание на «свободное изложение (эссе)» или «дополнение». В качестве примера закрытой формы можно привести вопросы «множественного» или «альтернативного выбора», вопросы на установление «соответствие» или «последовательности» [2].

В Оренбургском государственном университете в настоящее время ведется активная работа по внедрению в учебный процесс тестового контроля результатов освоения дисциплин студентами на всех этапах обучения на платформах LMS MOODLE и АИССТ. Для этого на кафедре физики и методики преподавания физики были разработаны фонды тестовых заданий (ФТЗ) по всем разделам физики и некоторым смежным дисциплинам практически для всех направлений инженерной подготовки. Фонд тестовых заданий включает в себя все типы тестовых заданий, разработанных с учетом формируемых компетенций для каждого направления подготовки и размещен в электронных образовательных курсах (ЭОК) на площадке ОГУ в LMS MOODLE, которые способствуют информационной поддержке соответствующих аудиторных курсов и эффективной организации самостоятельной работы студентов. Электронные образовательные курсы выступают дополнительными источниками учебной информации и частично решают проблему посещения студентами занятий, в этом числе лекций. Работа с материалом лекций на курсе представляет собой чередование теоретических сведений с тестовыми вопросами, при неправильном ответе на которые система отправляет студента к повторному изучению теории. Таким образом студент может самостоятельно подготовиться к рубежному тестированию. На рисунке 1 представлен пример, размещенный в курсе MOODLE по физике для студентов направления 10.03.01 Информационная безопасность.

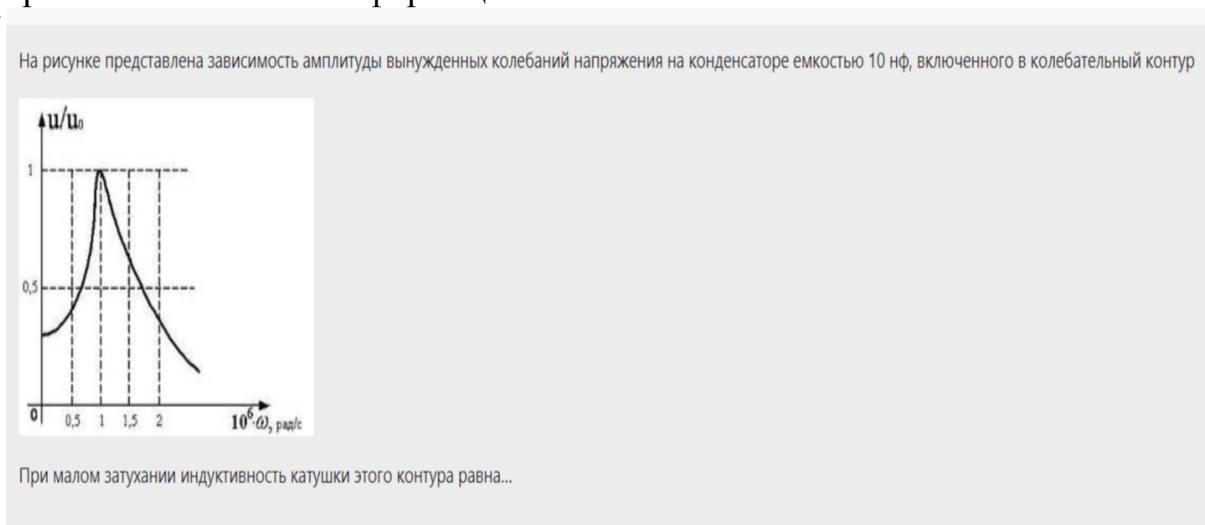


Рисунок 1 – Пример теста открытого типа с ответом в виде числового значения

Рубежное и текущее тестирование проводится на университетской платформе АИССТ. Пройти процедуру тестирования во время модульной недели каждый студент может в любом месте и в удобное время. Время прохождения теста и количество попыток ограничено, следовательно, воспользоваться дополнительными источниками информации практически невозможно. Кроме того, при прохождении тестирования необходимо продемонстрировать не только знания, но и умения и навыки, следовательно, не подготовленный студент не справится с этой задачей успешно. На рисунке 2

показан пример теста закрытого типа с выбором одного правильного ответа из предложенных вариантов, разработанного для направления 09.03.01 Информатика и вычислительная техника.

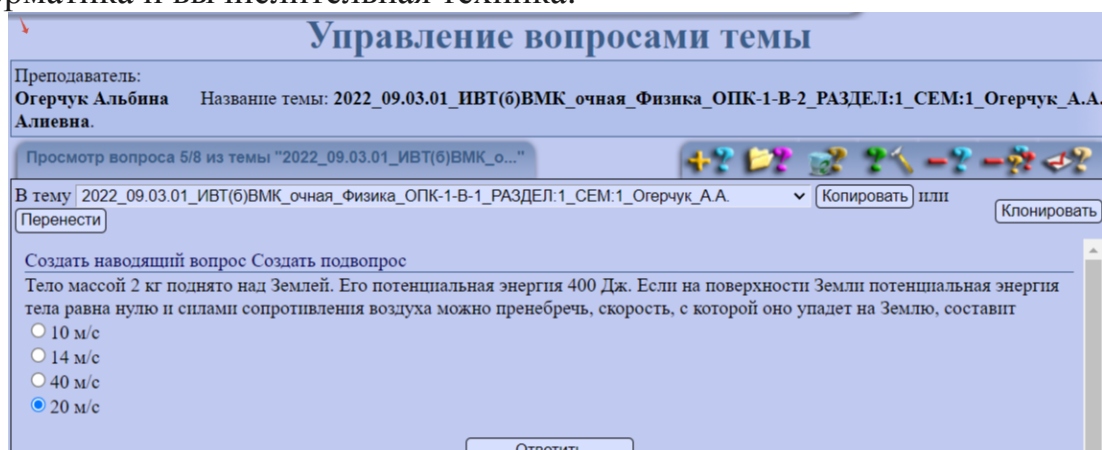


Рисунок 2 – Пример теста закрытого типа с выбором одного правильного ответа из предложенных вариантов на платформе АИССТ

Из всех дисциплин, изучаемых студентами инженерных направлений подготовки, курс физики является едва ли не самым сложным предметом. При его изучении студенты должны иметь хорошую математическую подготовку и владеть базовыми понятиями и законами физики из курса средней школы.

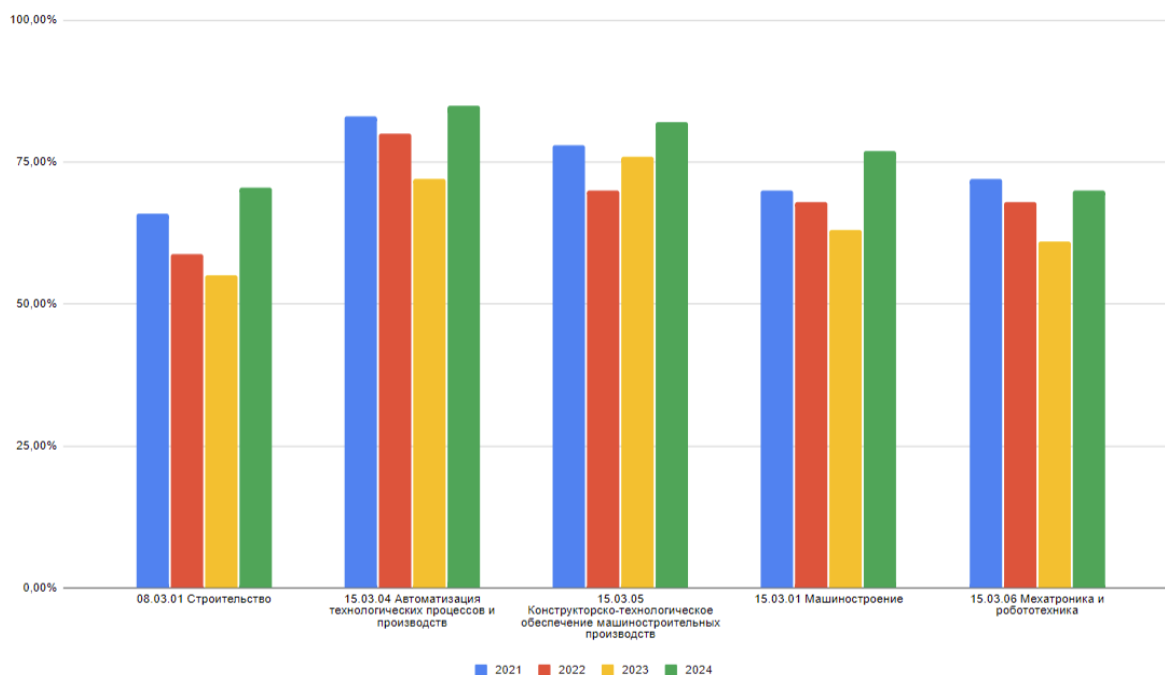


Рисунок 3 – Диаграмма сравнения уровней успеваемости по физике в первом модуле инженерных направлений подготовки

К сожалению, в последние годы наблюдается снижение уровня знаний точных наук у абитуриентов, поступающих на инженерные направления подготовки, следовательно, они испытывают трудности при изучении физики в вузе. На рисунке 3 представлена диаграмма сравнения уровней успеваемости по

физике в первом модуле изучения курса физики инженерных направлений подготовки: 08.03.01 Строительство, 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, 15.03.05 Конструкторско-технологическое машиностроительных производств, 15.03.01 Машиностроение, 15.03.06 Мехатроника и робототехника за последние время.

Из представленных данных видно, что успеваемость студентов первокурсников снижается с каждым годом, однако в 2024 году этот показатель удалось не много повысить. По нашему мнению, это связано с ведением рубежного тестирования в первом модуле в этом году. Для студентов первокурсников такая форма контроля знаний более привычна и комфортна, ведь в течении последних лет обучения в школе они готовились к успешной сдаче ОГЭ и ЕГЭ и, следовательно, хорошо знают процедуру и методы подготовки к тестированию. Студент имеет возможность приступить к прохождению теста, когда он «готов», в том числе и морально, кроме того, наличие второй попытки позволяет проанализировать и исправить свои ошибки, что стимулирует развитие учебной, научной и творческой самостоятельности студентов, и, следовательно, появляется перспектива выбора своей учебной стратегии.

Таким образом, актуальной задачей при проектировании и обновлении курса физики в современной системе инженерного образования является эффективная организации тестового контроля знаний студентов.

Список литературы

1. Аванесов В.С. Форма тестовых заданий. М.: «Центр тестирования», 2005. 156 с.
2. Даммер М.Д., Рогозин С.А., Шамаева Т.Н. Задания в тестовой форме как средство диагностики методической подготовки будущего учителя физики: монография / М.Д. Даммер, С.А. Рогозин, Т.Н. Шамаева. – Челябинск: Центр научного сотрудничества, 2013. — 118 с.
3. Shurygin V.Y., Krasnova L.A. Electronic learning courses as a means to
4. activate students' independent work in studying physics // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. V. 11, № 8. P. 1743-1751.
5. Шурыгин В.Ю. О возможности использования вузовских электронных
6. образовательных курсов в процессе преподавания физики в школе // Физика в школе. 2016. № 4. С. 57-60.

ДИСЦИПЛИНА «ФИЗИКА» КАК НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

Пискарёва Т.И., канд. техн. наук, Анисина И.Н., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время рынок образовательных услуг очень динамичен. Образование становится привлекательным в силу хорошего качества обучения. На процесс обучения влияют множество факторов, но одним из важных показателей является базовая подготовка обучающегося.

Как правило, студенты химико-биологического факультета (ХБФ) не сдают ЕГЭ по физике и, уже на первом курсе должны адаптироваться к таким дисциплинам, как «Физика», «Общий физический практикум» и т.д. Преподаватели данных дисциплин при изложении учебного материала должны повлиять на мотивацию обучающегося.

Следует признать, что в настоящее время методика обучения физики для студентов ХБФ достаточно хорошо разработана, имеется множество разработанных электронных курсов, методической литературы, что дает возможность, наряду с учебными занятиями, самостоятельно изучить материал.

Более успешное усвоение материала предмета осуществляется на практических занятиях.

Дисциплина «Физика» включает в себя множество разделов. Но такие, как «Молекулярно-кинетическая теория» и «Термодинамика» являются основными для познания как физических, так и химических процессов и явлений. В основе молекулярной физики лежит представление об атомном строении вещества, различных агрегатных состояний, закономерностях перехода вещества из одного состояния в другое. Химия – это наука, изучающая состав, строение и превращение одних веществ в другие.

В связи с этим возникает необходимость взаимосвязи молекулярной физики и химии, которая проявляется в использовании знаний студентами, полученных в процессе изучения физики, в качестве материала для решения задач на занятиях по химии.

Важным звеном в организации такой межпредметной связи являются практические занятия. Прежде чем приступить к решению задач по молекулярной физике, необходимо напомнить студентам информацию о строении вещества.

Таблица 1 – Примеры задач [4-8]

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Найти молярную массу M серной кислоты H_2SO_4.2. Одинаково ли число молекул в 0,001 кг H_2 и в 0,001 кг O_2? В 1 моле H_2 и в 1 моле O_2? В 1 л H_2 и в 1 л O_2 при одинаковых условиях? |
|--|

3. Определить массу m_1 молекулы: 1) углекислого газа; 2) поваренной соли.
4. Какое число молекул содержит единица массы водяного пара?
5. Сколько атомов содержится в газах массой 1 г каждый: 1) гелии, 2) углероде, 3) фторе, 4) полонии?

Также необходимым звеном при изучении молекулярной физики студентами ХБФ является знание зависимости физических свойств вещества от атомного состава молекул. Это позволяет, используя закон Авогадро и закон Дальтона, определить состав любого многоатомного газа и рассчитать давление всех его компонентов.

Таблица 2 – Примеры задач [4-8]

1. В баллоне находится кислород при нормальных условиях. При нагревании до некоторой температуры часть молекул оказалась диссоциированной на атомы. Степень диссоциации $D=0,4$. Определить концентрации частиц: 1) n_1 – до нагревания газа; 2) n_2 – молекулярного кислорода после нагревания; 3) n_3 – атомарного кислорода после нагревания.
2. Одна треть молекул азота массой $m=10$ г распалась на атомы. Определить полное число N частиц, находящихся в газе.
3. Сухой воздух состоит в основном из кислорода и азота. Если пренебречь остальными составными частями воздуха, то можно считать, что массовые доли кислорода и азота соответственно $w_1=0,232$, $w_2=0,768$. Определить относительную молекулярную массу $M_{г}$ воздуха.
4. В сосуде вместимостью $V=0,01$ м³ содержится смесь газов - азота массой $m_1=7$ г и водорода массой $m_2=1$ г – при температуре $T=280$ К. Определить давление p смеси газов.
5. Баллон вместимостью $V=30$ л содержит смесь водорода и гелия при температуре $T=300$ К и давлении $p=828$ кПа. Масса m смеси равна 24 г. Определить массу m_1 водорода и массу m_2 гелия.

При выводе основного уравнения МКТ и уравнения Менделеева-Клапейрона необходимо иметь представление о молекулярной массе, знать зависимости между массой и объёмом при нормальных условиях. Использование этого материала как из физики, так и из химии позволяет пояснить сущность универсальной газовой постоянной R , постоянной Больцмана k , упростить формулу средней квадратичной скорости.

Таблица 3 – Примеры задач [4-8]

1. В баллоне вместимостью $V=25$ л находится водород при температуре $T=290$ К. После того как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на $\Delta p=0,4$ МПа. Определить массу m израсходованного водорода.
2. Какой объём V занимает смесь газов - азота массой $m_1=1$ кг и гелия массой $m_2=1$ кг – при нормальных условиях?

3. В сосуде вместимостью $V=2$ л находится кислород, количество вещества ν которого равно $0,2$ моль. Определить плотность ρ газа.
4. В колбе вместимостью $V=100$ см³ содержится некоторый газ при температуре $T=300$ К. На сколько понизится давление p газа в колбе, если вследствие утечки из колбы выйдет $N=10^{20}$ молекул?
5. Найдите отношение средних скоростей молекул O_2 и H_2 при одинаковой температуре.

Молекулярная физика и термодинамика – это, в свою очередь, фундаментальные науки, изучающие свойства вещества на микро- и макроуровне. Они явно меняют нашу жизнь и их применение позволяет решать вопросы разного уровня в различных сферах жизнедеятельности.

Физика как учебный предмет естественнонаучного цикла является базой для изучения смежных и специальных дисциплин для студентов специальности «Фундаментальная и прикладная химия». Изучение курса физики с решением задач профессиональной направленности на практических занятиях способствует освоению химиками фундаментальных основ части естествознания, а также подготовке к восприятию последующих общих и специальных курсов, требующих знаний физики.

Список литературы

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т 2. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Физматлит, 2006. §21–22.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1. Механика и молекулярная физика. СПб.: Лань, 2005. §87–88. 3. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 1990. С.91–96.
3. Дружинина О.М., Кислицын А.А., Семихина Л.П. Методические указания по подготовке студентов к Интернет - тестированию по физике. ТюмГУ. 2008.
4. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. М.: Наука. 1982.
5. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общей физике. М.: Высшая школа. 2006.
6. Гершензон Е.М., Малов Н.Н., Мансуров А.Н. Молекулярная физика. М.: Academia. 2000.
7. Беликов Б.С. Решение задач по физике. М.: Высшая школа. 1986.
8. Чертов, А. Г. Задачник по физике : учеб. пособие для втузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев.- 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1988. - 527 с.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА С РАЗЛИЧНЫМ ЗНАКОМ ЗАРЯДА С ПОЛИМЕРНЫМИ МОЛЕКУЛАМИ

Русинов А.П., канд. физ.-мат. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Одной из современных тенденций развития нанотехнологий является объединение различных элементов нанометрового размера в единую систему с целью получения новых функциональных характеристик [1-3]. Так, плазмонные наночастицы (НЧ) способны пространственно перераспределять энергию ближнего электромагнитного поля, однако для инициации таких полей и получения отклика необходим элемент, хорошо взаимодействующий с электромагнитным полем данного спектрального диапазона. Как правило, это молекулы органических красителей или полупроводниковые квантовые точки, следовательно, нужен компонент связующий их с наночастицей.

Функциональные наносистемы для биотехнологий также предполагают связывание реакционных молекулярных комплексов с плазмонными, ферромагнитными и пр. наночастицами [4-6]. В этом случае важен вопрос выбора эффективных полимеров-линкеров и, также, представляет интерес возможность отслеживания кинетики процесса образования связей.

Как показано в ряде работ [7-9] добавление полимерных молекул с

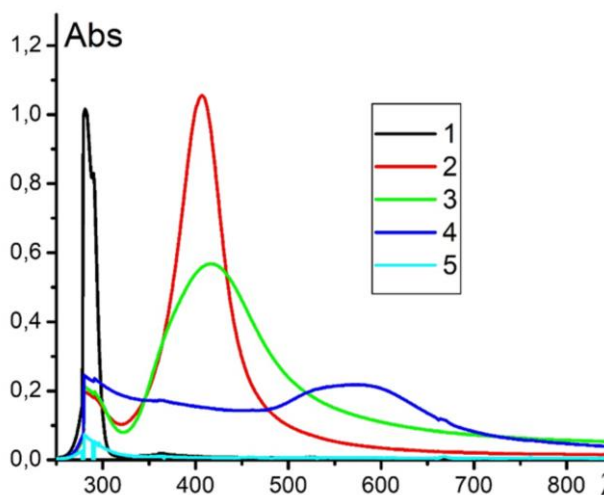


Рисунок 1 – Спектры поглощения (1) – лизоцима, (2) – наночастицы Ag приготовленные методом боргидридного восстановления со СТАВ, (3) – наночастицы Ag и (4) – наночастицы Au приготовленные методом цитратного восстановления, (5) - метионина

определенным электрическим зарядом к коллоидному раствору наночастиц с зарядом противоположного знака приводит к агрегации последних. Об эффективности данного процесса можно судить по изменениям оптических спектров изучаемых растворов, а именно по искажению или сдвигу пика плазмонного резонанса наночастиц в длинноволновую область.

Для подготовки образцов были синтезированы коллоидные растворы наночастиц золота и серебра методами боргидридного и цитратного восстановления с концентрациями порядка 10^{10} см⁻³

³. Согласно [10-11] методом боргидридного восстановления со стабилизацией

СТАВ получают частицы с поверхностным положительным зарядом, а при цитратном восстановлении – с отрицательным.

В качестве полимера для агрегации наночастиц использовались растворы лизоцима и метионина с концентрациями 1 мг/мл. Изоэлектрическая точка лизоцима лежит в щелочной области (рН~10.5-11), в нейтральном водном растворе при его заряд равен положителен, следовательно, он должен хорошо взаимодействовать с отрицательно заряженными НЧ. Для молекулы метионина при нейтральном рН количество положительных и отрицательных ионогенных групп (COOH и NH₂) в молекуле одинаково, поэтому суммарный ее заряд нулевой.

Регистрация спектров поглощения проводилась на спектрофотометре Т70 работающем в диапазоне длин волн 190-1100 нм. Из рисунка 1 видно, что интенсивная полоса плазмонного поглощения полученных растворов наблюдается на 520 нм для золотых НЧ и на 420 нм для серебряных. Растворы полимеров в видимом диапазоне являются практически прозрачными.

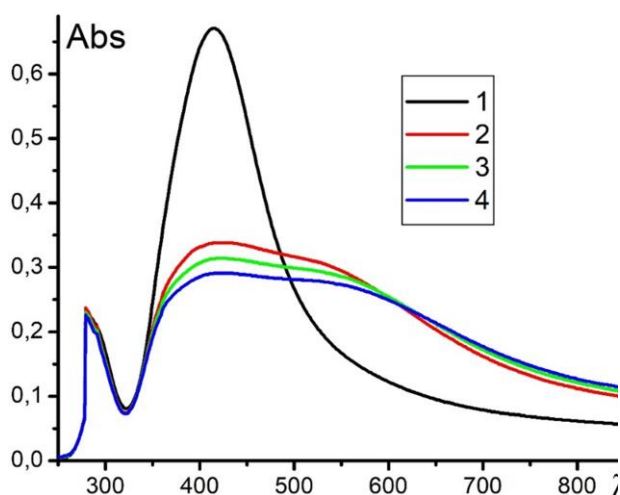


Рисунок 2 – Спектры поглощения водных растворов НЧ серебра с концентрацией 10^{10} см^{-3} при добавлении к ним лизоцима с концентрацией 10 мкг/мл. Динамика связывания во времени: (1) – без полимера, (2) – через 2 мин., (3) – через 5 мин. и (4) – через 10 мин. после смешивания растворов

Как видно из рисунка 2 при добавлении молекул лизоцима в коллоидный раствор НЧ приготовленных методом цитратного восстановления наблюдается резкое изменение спектров поглощения плазмонных частиц. Так, для НЧ Ag практически в два раза уменьшается плазмонный пик на 420 нм и происходит расширение полосы поглощения в длинноволновую область – 550-700 нм, что является следствием связывания молекул полимера с НЧ. Динамика процесса связывания разворачивается в диапазоне десятков секунд, имеющаяся экспериментальная техника не

позволяет детально разрешить этот процесс, так как время регистрации одного спектра занимает больше минуты. Однако и в минутном диапазоне заметно продолжение указанной тенденции изменения спектров.

Далее были приготовлены серии экспериментальных растворов таким образом, чтобы концентрация отрицательных НЧ (серебра или золота) в них оставались неизменной, а концентрация полимера увеличивались от 10 мкг/мл до 40 мкг/мл с шагом 10 мкг/мл. Регистрация спектров проводилась сразу после перемешивания.

Из рисунка 3 видно, что добавление в раствор НЧ Ag полимерных

молекул даже в сравнительно незначительных концентрациях приводит к существенному изменению спектра плазмонного поглощения наночастиц. Пик вблизи 410 нм, связанный с резонансом в отдельных наночастицах монотонно уменьшается по амплитуде с ростом концентрации полимера, одновременно уширяясь в длинноволновую область 600-700 нм, что свидетельствует о связывании наночастиц с молекулами. Эффективность связывания тогда можно оценить по уменьшению амплитуды пика на 410 нм, по сдвигу длины волны его максимума и по усилению поглощения в полосе 600-700 нм.

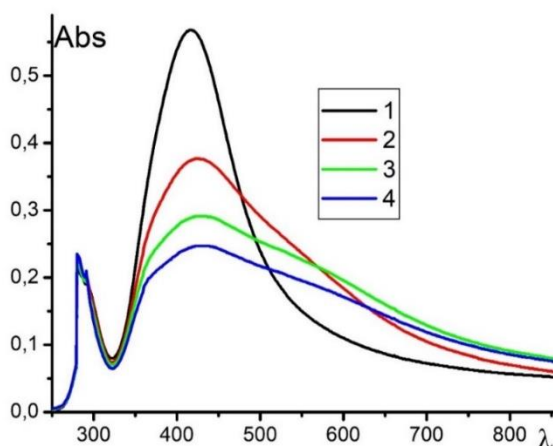


Рисунок 3 – Спектры поглощения водных растворов НЧ серебра с концентрацией 10^{10} см^{-3} при добавлении к ним лизоцима: (1) – 0, (2) – 10 мкг/мл, (3) – 20 мкг/мл, (4) – 40 мкг/мл

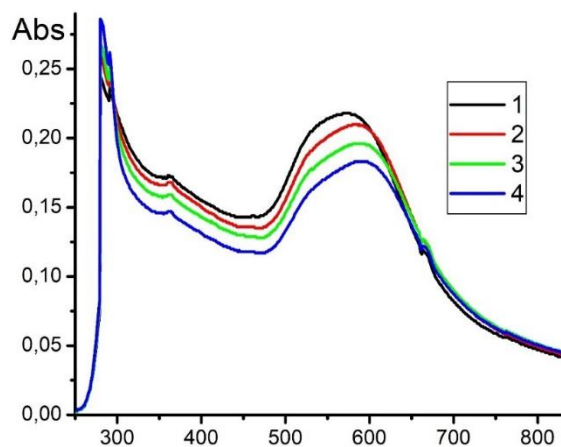


Рисунок 4 – Спектры поглощения водных растворов НЧ золота с концентрацией 10^{10} см^{-3} при добавлении к ним лизоцима: (1) – 0, (2) – 10 мкг/мл, (3) – 20 мкг/мл, (4) – 40 мкг/мл

Из рисунка 4 также следует, что добавление в раствор НЧ Au полимерных молекул также приводит к изменению спектра плазмонного поглощения. Однако и уменьшение амплитуды плазмонного резонанса на 575 нм и сдвиг спектра в

длинноволновую область выражены существенно меньше, чем для НЧ серебра.

Также были приготовлены серии экспериментальных растворов с положительными НЧ серебра и золота. Аналогично предыдущим сериям концентрация НЧ в них оставались неизменной, а концентрация полимера увеличивались от 10 мкг/мл до 40 мкг/мл с шагом 10 мкг/мл.

Из рисунка 5 видно, что в отличие от предыдущих результатов добавление

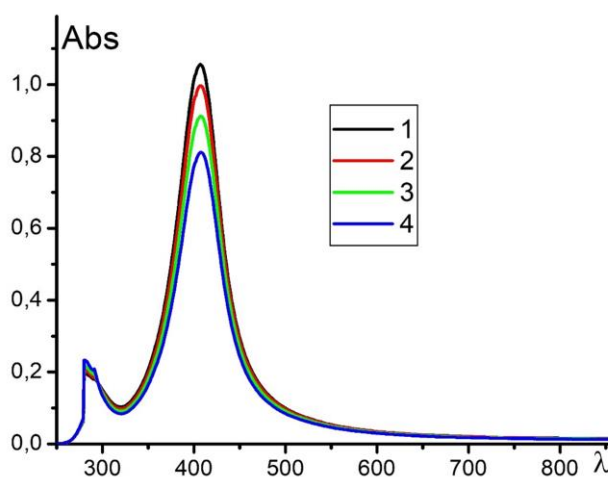


Рисунок 5 – Спектры поглощения водных растворов НЧ (боргидридное восстановление) концентрацией 10^{10} см^{-3} при добавлении к ним лизоцима: (1) – 0, (2) – 10 мкг/мл, (3) – 20 мкг/мл, (4) – 40 мкг/мл

полимерных молекул в раствор НЧ не приводит к изменению спектра плазмонного поглощения наночастиц. Пик вблизи 410 нм незначительно уменьшается по амплитуде, но не искажается и не смещается. Следовательно, и взаимодействие положительно заряженных НЧ с молекулами лизоцима отсутствует. Незначительное уменьшение амплитуды плазменного объясняется какими-то иными механизмами.

Далее было рассмотрено взаимодействие плазмонных НЧ с различным знаком поверхностного заряда с нейтральными молекулами метионина. Концентрация НЧ в растворах не менялась, а концентрация полимера увеличивались от 10 мкг/мл до 40 мкг/мл с шагом 10 мкг/мл.

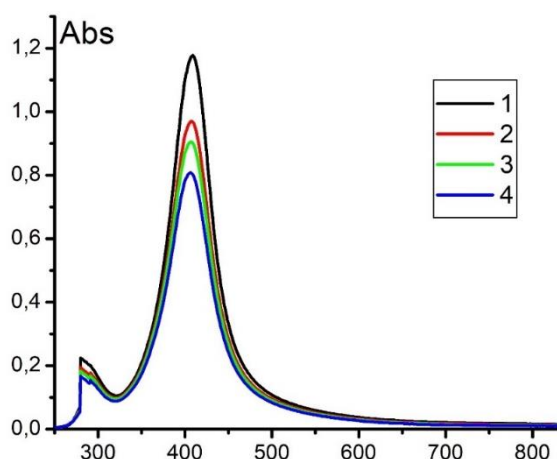


Рисунок 6 – Спектры поглощения водных растворов положительно заряженных НЧ серебра (боргидридное восстановление) с концентрацией 10^{10} см⁻³ при добавлении к ним метионина: (1) – 0, (2) – 10 мкг/мл, (3) – 20 мкг/мл, (4) – 40 мкг/мл

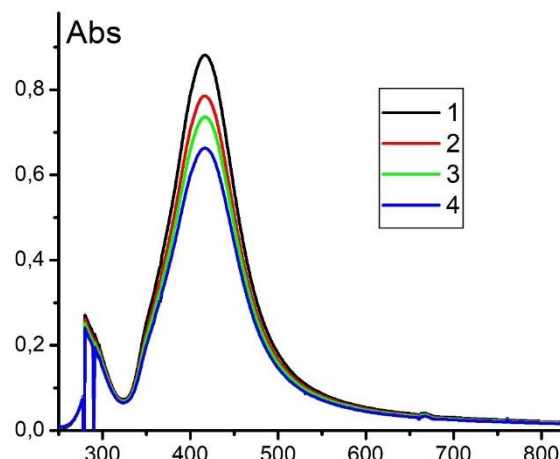


Рисунок 7 – Спектры поглощения водных растворов отрицательно заряженных НЧ серебра (цитратное восстановление) с концентрацией 10^{10} см⁻³ при добавлении к ним метионина: (1) – 0, (2) – 10 мкг/мл, (3) – 20 мкг/мл, (4) – 40 мкг/мл

Из рисунков 6-7 видно, что добавление в раствор НЧ полимерных молекул метионина не приводит к изменению спектра плазмонного поглощения наночастиц. Однако значительное (примерно в 1.5 раза) уменьшение амплитуды плазмонного пика вблизи 410 нм, хотя и без смещения в длинноволновую область, говорит о наличии некоторых механизмов взаимодействия между НЧ и полимером.

Таким образом в работе изучено взаимодействие наночастиц золота и серебра с концентрациями порядка 10^{10} см⁻³ и различным знаком поверхностного заряда с полимерными молекулами лизоцима и метионина в воде. Утверждается, что об эффективности данного процесса можно судить по изменениям оптических спектров изучаемых растворов, а именно по уменьшению амплитуды или сдвигу пика плазмонного резонанса наночастиц. Из экспериментов следует, что наиболее значительные изменения в спектрах плазмонного резонанса НЧ имеют место для пары «отрицательно заряженная НЧ – лизоцим», что говорит о наличии сильного взаимодействия между этими компонентами которое приводит к связыванию полимера с частицами.

Механизмом такого взаимодействия выступает зарядовое сопряжение полимерной молекулы и наночастицы. Это подтверждается тем, что для положительных наночастиц или нейтрального полимера значительных изменений в плазмонных спектрах нет, следовательно, и взаимодействие между такими компонентами незначительно.

Автор выражает благодарность выпускнику физического факультета Куделину Анатолию Павловичу за внимательное ассистирование при проведении экспериментов.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации: Государственное задание на проведение научно-исследовательских работ № FSGU-2023-0003 и Грант на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития № 075-15-2024-550.

Список литературы

1. Лишних М. А. Особенности нанокпозиционных материалов // Вестник науки. – 2022. – Т. 2. – №. 5 (50). – С. 99-102.
2. Чвалун С. Н. Полимерные наноккомпозиции // Природа. – 2000. – Т. 7. – С. 22-30.
3. Nguyen D.T., Kim D.-J., Kim K.-S. Controlled synthesis and biomolecular probe application of gold nanoparticles. // Micron. 2011. V. 42. P. 207 – 227.
4. Yong K.-T., Swihart M.T., Ding H., Prasad P.N. Preparation of Gold Nanoparticles and their Applications in Anisotropic Nanoparticle Synthesis and Bioimaging. // Plasmonics. 2009. V. 4. P. 79 – 93.
5. Pissuwan D., Cortie C.H., Valenzuela S.M., Cortie M.B. Functionalised gold nanoparticles for controlling pathogenic bacteria. // Trend. Biotechnol. 2010. V.28. P. 207 – 213.
6. Wang J., Wang L.H., Liu X.F., Liang Z.Q., Song S.P., Li W.X., Li G.X., Fan C.H. A gold nanoparticle-based aptamer target binding readout for ATP assay. // Adv. Mater. 2007. V. 19. № 22. P. 3943 – 3946.
7. Zhang B., Yan B. Analytical strategies for characterizing the surface chemistry of nanoparticles. // Anal. Bioanal. Chem. 2010. V. 396. P. 973 – 982.
8. Kumar S., Gandhi K.S., Kumar R. Modeling of formation of gold nanoparticles by citrate method. // Ind. Eng. Chem. Res. 2007. V. 46. P. 3128 – 3136.
9. Li X., Chen Y., Huang X. // J. Inorg. Biochem. 2007. V. 101. P. 918. doi 10.1016/j.jinorgbio.2007.03.001.
10. Frens G. // Nat. Phys. Sci. 1973. V. 241. P. 20. doi 10.1038/physci241020a0.
11. Русинов А. П., Кучеренко М. Г. // Оптика и спектроскопия. – 2020. – Т. 128. – №. 9. – С. 1380-1387.

К ВОПРОСУ О СВЯЗЯХ МЕЖДУ ЗАДАЧАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОБРАЗЦА ИЗ ГЛИНИСТОГО МИНЕРАЛА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ СПИНОВЫХ СОСТОЯНИЙ ПАРАМАГНИТНЫХ ИОНОВ В КЕРАМИЧЕСКОМ МАТЕРИАЛЕ С УЧЕТОМ ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОПЕРАЦИЙ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Садыков А.Р.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Современные квантовые вычисления требуют надежных материалов для стабилизации квантовых состояний. Керамические и глиняные материалы с парамагнитными ионами (например, Fe^{3+} , Mn^{2+} [1]) рассматриваются как перспективные среды для спиновых кубитов [2].

Для реализации этих возможностей необходимо рассмотреть следующие направления исследований:

1) Моделирование тепловых явлений, которое позволит выяснить характер эволюции дефектов как будущих кубитов при получении керамики. Что в свою очередь позволит перейти к обсуждению возможностей контроля структуры и дефектов при изготовлении керамических образцов [1-4].

Необходимые для этой задачи исследования фазового состава и структуры керамики с парамагнитными ионами (рентгенофазовый анализ, ИК-спектроскопия, EPR), измерение тепловых характеристик (дифференциальный термический анализ, теплопроводность) уже проводятся, например, в работе [1]. Однако, по мнению автора, есть необходимость учесть специфику перемещения парамагнитных ионов для получения в дальнейшем возможности точечного на них воздействия радиочастотными импульсами, чтобы реализовать тот или иной квантовый логический вентиль.

В рамках данного направления автором были разработаны и зарегистрированы две программы для ЭВМ [5,6], которые позволяют вычислять методом конечных элементов распределение температуры внутри и на поверхности цилиндрического образца, с помощью которого можно вычислять такой параметр как время выдержки, необходимый для контроля процесса спекания глины.

В статье [2] авторы предложили способ получения миниатюрных изделий из керамики с использованием аддитивных технологий (3D печати) и также высказали предложение для использования дефектов в таких изделиях при реализации квантовых компьютеров.

Стоит отметить еще одну возможность в рамках этого направления авторами тезиса [4] была продемонстрирована возможность ультразвуковой интеркаляции наночастиц золота в глину, что позволяет высказать идею об использовании такого метода для интеркаляции наночастиц, содержащих

парамагнитные ионы, в глину, что увеличит контроль исследователей над этими ионами.

2) Использование методов моделирования квантовой эволюции для проектирования операций квантовых вычислений. Этому направлению посвящена работа автора [7], однако многое еще предстоит сделать, так как полный базис операций для таких систем еще не реализован.

3) Учет влияния тепловых процессов на эволюцию спиновых состояний в керамических материалах. Эта задача еще только предстоит для выполнения.

Цель данного тезиса – исследовать точки соприкосновения между задачами моделирования теплопроводности образца из глинистого минерала и моделирования эволюции спиновых состояний парамагнитных ионов в керамическом материале с учетом тепловых явлений для реализации операций квантовых вычислений.

Сходства и различия математических моделей теплопроводности и эволюции спиновых состояний. [5,6,8,9]

Сходства:

И нестационарное уравнение теплопроводности, и нестационарное уравнение Шредингера имеют вид уравнения диффузии [9]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = (\Delta - U(x, y, z))\theta, \quad \frac{\partial \psi}{\partial t} = i(\Delta - U(x, y, z))\psi \quad (1)$$

Как уравнение теплопроводности, так и уравнение Шредингера можно решать, используя матричную экспоненту [9]:

$$\theta(x, t) = e^{iHt} \theta(x, 0), \quad \psi(x, t) = e^{iHt} \psi(x, 0) \quad (2)$$

Различия:

Одним из отличий этих уравнений является то, что распределение температур является вещественнозначной функцией (поэтому имеет наглядное представление в виде скалярного поля, у которого цвет позволяет судить о степени нагретости области тела), а вектор состояния квантовой системы является комплекснозначной функцией (которая даже не является наблюдаемой, поэтому ее анализ носит иной характер, описанный в учебниках по квантовой механике).

Таким образом, в ходе работы над поставленной целью было выяснено наличие следующих возможностей:

1) Доработка и использование полученных моделей [5,6] для проектирования квантовых процессоров на основе парамагнитных ионов в керамике.

2) Разработка рекомендации по разработке новых материалов для квантовых технологий таких как, комбинирование муллитовых, оксидных или глиноземных структур для улучшения теплоизоляции и стабильности.

3) Выяснено, что влияние тепловых процессов критически важно для

реализации квантовых операций в керамических материалах.

4) Предложенные варианты исследования позволят прогнозировать стабильность и эффективность материалов.

Список литературы

1. Spectral methods of identification of structural transformations in particles of polymineral complexes / A. G. Chetverikova, O. N. Kanygina, A. R. Sadykov, V. N. Makarov // Journal of Physics: Conference Series. – 2024. – Vol. 2866, No. 1. – P. 012006. – DOI 10.1088/1742-6596/2866/1/012006. – EDN YCRGEU.

2. Christ M. et al. Additively manufactured ceramics for compact quantum technologies // Advanced Quantum Technologies. – 2024. – С. 2400076.

3. Jhuria K. et al. Programmable quantum emitter formation in silicon // Nature Communications. – 2024. – Т. 15. – №. 1. – С. 4497.

4. Макаров, В. Н. Ультразвуковая интеркаляция наночастиц золота в монтмориллонитовую матрицу [Электронный ресурс] / В. Н. Макаров, И. Р. Алимбеков, А. Р. Садыков // Керамические и керметные материалы: перспективные технологии и устройства КЕРМЕТТЕХ-2024 : сб. тез. докл. первой Всерос. конф., Екатеринбург, 10-11 сент. 2024 г. / отв. ред. Н. А. Тарасова. - Екатеринбург : Изд. Дом "Ажур", 2024. - . - С. 114-117. . - 4 с.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024615228 Российская Федерация. Моделирование температурного поля керамического образца с учетом данных дифференциально-термического анализа : № 2024612289 : заявл. 08.02.2024 : опубл. 05.03.2024 / А. Р. Садыков, А. Г. Четверикова, В. Н. Макаров ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». – EDN WBLJKD.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685431 Российская Федерация. Моделирование температурного поля муллито-кремнеземистого образца с учетом данных дифференциально-термического, гравиметрического анализов и усадки : № 2024684573 : заявл. 16.10.2024 : опубл. 30.10.2024 / А. Р. Садыков, А. Г. Четверикова, В. Н. Макаров ; заявитель ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». – EDN KBQUKS.

7. Sadykov, A. R. Implementation of Hadamard operator by non-resonant RF pulse and one spin qubit. / A. R. Sadykov, M. R. Arifullin // ACTUAL PROBLEMS OF MAGNETIC RESONANCE AND ITS APPLICATION XXIV International Youth Scientific School – 2024 – С. 11.

8. Макаров, В. Н. Влияние объемной доли мяса в пельменях на время их приготовления / В. Н. Макаров, А. Р. Садыков, Д. К. Четверикова // Пищевые системы. – 2024. – Т. 7, № 3. – С. 473-480. – DOI 10.21323/2618-9771-2024-7-3-473-480. – EDN VTDVIO.

9. Мишарина Е. Ю., Либин Э. Е., Бубенчиков М. А. О решении нестационарного уравнения Шредингера // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2016. – №. 5 (43). – С. 28-34

ФИЗИКА И КРЕАТИВ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Садыкова А.Ю., канд. физ.-мат. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический
университет»

В работе рассматривается дисциплина физика из общеобразовательного курса инженерных дисциплин с позиций одного из важнейших аспектов современности - креативности, который благодаря внедрению ИТ технологий в системе высшего образования и меняющимся требованиям к навыкам специалистов, становится все более актуальным в оценке востребованности предметного курса в инженерном образовании как в формате офф –лайн, так и он-лайн обучения.

Экономический Форум в Давосе каждые пять лет публикует таблицу топовых навыков, которыми должны обладать специалисты, для того, чтобы быть востребованными работодателями на рынке труда, независимо от современной политической позиции стран мира.

Как следует из таблиц 1 и 2, опубликованных в [1] и [2], соответственно, среди этих навыков «креативность» в 2015 году замыкала список 10 топовых навыков, но спустя пять лет к 2020 году прочно заняла третью позицию, а в 2025 год опустилась лишь на четвертую позицию вопреки прежним прогнозам [1-2].

Причина того, что «креативность» в нынешнее время занимает лидирующую позицию, следует из того факта, что, согласно последним данным специалистов по рекрутингу, требования работодателей к навыкам «hard skills» и «soft skills» стали равнозначными [3]. Активное использование ИТ технологий в любом виде деятельности, относящиеся к «soft skills», становится обязательным требованием при найме на работу. Тенденции использования программных продуктов ИТ технологий, имеющих в предметной сфере деятельности, стирают границы между «hard skills» и «soft skills» для специалиста, но являются основой для пересмотра методик преподавания отдельных предметных курсов для формирования актуальных навыков специалистов в рамках профессиональной деятельности в системе высшего образования.

Рассмотрим, как «креативность» становится важным компонентом в образовательном курсе такой сложной технической дисциплине как физика.

Исторически период становления промышленности был связан с внедрением технологий, которые появились благодаря научным исследованиям в физике, поэтому, несмотря на «ореол» сложности науки, к дисциплине у студентов и общества был интерес и пиетет.

В настоящее время, в период массового образования, когда основным двигателем является финансовая успешность при минимальных затратах, в

целях удовлетворения запроса социума на инженеров, специалистам, работающим в сфере инженерного образования по физике придется развивать различные виды креатива, который прочно вошел в сферу рекламной и маркетинговой деятельности, а также и в IT технологии. Внедрение IT технологий в образовательную деятельность будет стимулировать или модифицировать развитие различных методик обучения, которые, должны, по нашему мнению, ориентироваться на «креативность» при формировании прочных предметных знаний и выработке таких навыков у студентов, которые обучаются на инженерных специальностях.

В связи с этим следует рассмотреть формы и разновидности, имеющие отношение к вопросу «креативности».

Понятие «креативности» связано с творческим началом, изобретательностью. Это именно те качества, которые должны быть сформированы на всех этапах современного инженерного образования. Оригинальность, стимулирующая продуктивную деятельность интеллекта и созидательная составляющая мышления человека, связанная с научным и исследовательским началом современного инженерного образования, это и есть компоненты «креативности» в профессиональной деятельности, и, в настоящее время, она формируется благодаря IT технологиям.

Необходимо сделать ремарку о том, что творческий процесс это интеллектуальная потребность личности, а «креативность» имеет по своей природе прагматичный компонент, направленный на ускорение процесса достижения определенного результата профессиональной деятельности и личностного роста, приводящего к самоудовлетворению от рабочего процесса.

В рамках образовательного предметного курса, благодаря IT технологиям, можно выделить следующие формы образовательного креатива: корпоративный образовательный креатив, коллективный образовательный креатив, пространственный образовательный креатив, коммуникативный образовательный креатив, предметный образовательный креатив, личностный образовательный креатив и содержательный образовательный креатив.

Корпоративный образовательный креатив не носит узкопредметный характер. Он связан с деятельностью вуза, его историей, ролью в экономике региона, нише в национальном пространстве страны и в мировом рейтинге вузов. Благодаря IT технологиям корпоративный образовательный креатив связан с функционированием сайта вуза, наличием рекламных проспектов, каталогов и рекламных баннеров или стендов, информации в социальных сетях и масс-медиа, набора иностранных языков, на которых представлена информация. Это креатив, рассчитанный на долгосрочную перспективу. Здесь главную роль в визуализации или анимации играют цели тех мероприятий, для которых готовятся материалы. В таких материалах информация о физике дается в ограниченных пределах в рамках определенных шаблонов и конкурентные особенности дисциплины не выделяются.

Коллективный образовательный креатив, связан с информационным пространством внутривузовской деятельности. Он зависит от временных

критериев. Роль физики в этом сегменте креатива достаточно устойчивая для инженерных специальностей, поскольку является обязательным предметом в перечне общеобразовательных курсов. Электронная визуализация данных о состоянии дисциплины в вузе, рабочих параметрах для критериев оценок деятельности играет роль в основном для системы управления вузом.

Под пространственным образовательным креативом необходимо понимать ту среду, в которой происходит преподавание физики, что связано с техническим оснащением лекционных аудиторий, лабораторного практикума, аудиторий для проведения практических занятий, компьютерных классов, оформления стен аудиторий наглядными материалами, коридоров и холлов, входящих в пространство кафедры. Здесь использование ИТ технологий связано с наличием возможностей показа презентаций, использования интерактивной связи, оснащение компьютерной техникой, экранами, электронными досками, проекторами и интернетом, созданными коллективами «программными продуктами». Наличие современного пространственного креатива дает возможность более широкого представления на уровне корпоративного образовательного креатива.

Коммуникативный образовательный креатив связан с наличием постоянных интернет, сетевых ресурсов в виде постоянно и временно действующих коммуникаций, таких как личные кабинеты преподавателей в информационной среде вуза, кафедральных, групповых, и иных чатов в интернет каналах, типа Watts up, Telegram, коллективных адресов электронной почты и т.д. Этот тип креатива не связан с предметным содержанием по физике, а касается именно коммуникационного характера.

Одним из самых главных видов креатива является предметный образовательный креатив. В начале статьи было сказано о том, что в социуме предмет «физика» ассоциируется как сложная наука, требующая не только знания, но и целого перечня умений.

Поэтому он-лайн и офф-лайн курсы по физике должны иметь, соответственно, проморолик и вводную часть, которые простым и доходчивым образом доносят для студентов важность изучения предмета с позиций личностной успешности как в процессе получения образования, так и после его окончания.

При этом, креатив должен быть понятен с первой секунды знакомства. Не стоит нагромождать его большим количеством эффектов, элементов, текста и т.д. Надо помнить, что заинтересовать в предмете возникает в первые 2 секунды повествования. Простые и даже смешные образы играют на этом этапе самую важную роль, к примеру, видео с ребенком, волосы которого встали дыбом в результате скатывания с горки из пластика, как пример электризации.

В качестве эффективного метода повышения мотивации в изучении физики является демонстрация таблиц с перечнем актуальных навыков востребованных специалистов [1-2] на первых занятиях или лекциях с объяснением того, что благодаря именно физике эти навыки успешного специалиста будут сформированы.

На практических занятиях по решению задач следует формировать навыки грамотной подготовки презентаций, что будет способствовать формированию технической грамотности и креативных способностей у студентов. На этом уровне следует объяснять роль статичных изображений и изображений с анимацией. Статичное изображение приводит к необходимости освоения возможностей формата JPEG и PNG. Формат gif, к примеру, позволяет применять в изображениях визуализировать физические процессы, используя различную анимацию. Как правило, такой подход позволяет добиться повышенной вовлеченности со стороны студентов к креативной предметной деятельности.

Рассмотрим детали, связанные с личностным образовательным креативом, который можно разделить на преподавательский и студенческий.

Преподавательский личностный образовательный креатив по физике связан с харизмой и широтой кругозора личности педагога.

В настоящее время этот тип креатива очень тесно связан с уровнем владения преподавателем IT технологиями, качеством подготовленных преподавателем презентаций и раздаточных материалов, а не только умением донести простым языком объяснение сложных физических процессов.

Умение передать и сформировать навыки у студентов в оформлении презентаций разной направленности с грамотным дизайном: шрифтов, цветовой гаммы, элементов, анимаций и т.д., является на сегодняшний день одним из факторов, вызывающих интерес студентов к предмету.

Личностный студенческий креатив, помимо сформированных навыков, указанных выше, должен быть связан и с навыками ораторского мастерства, который опытный преподаватель по физике может сформировать в процессе практических и лабораторных занятий.

Содержательный предметный креатив по физике связан с наличием кратких конспектов лекций по предмету, наличием методических пособий, тестовых заданий. Огромную роль в настоящее время играет наличие он-лайн курсов, которые должны быть в открытом доступе, быть оформленными в едином стиле, должны быть изложены простым и понятным языком, с конкретными целями с первых секунд просмотра. Учебные материалы должны быть легко доступными, поэтому использование кодов это прекрасные возможности использования гаджетов для самостоятельного изучения. Однако, как показывает практика работы и опрос студентов, освоение физики не должно быть ограничено он-лайн курсами лекционного материала, это дополнительный материал к офф-лайн курсам. Это связано с тем, что студенты начальных курсов обучения не обладают достаточными навыками самостоятельного освоения материала, то есть просто не умеют учиться, из-за повального клипового мышления. Вызывает опасение увлечение руководством вузов широкого использования он-лайн курсов, которыми в целях оптимизации финансовых затрат, стремятся заменить общение с педагогами – предметниками, именно в рамках лекционных курсов. Сокращение времени обучения по физике в школьном образовании уже сказалось на качестве

подготовки абитуриентов. Неоправданное широкое внедрение он-лайн обучение физике на начальной стадии высшего образования, неминуемо приведет к снижению качества подготовки инженеров.

Список литературы

1. The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. Global Challenge Insight Report. World Economic Forum Cologny/Geneva. Switzerland, 2016. p.1-159
2. <https://www.weforum.org/reports/future-of-jobs-report-2020/>p.1-163. (Дата обращения: 20.03.2021).
3. Stacie Garland, [https://vervoe.com/hard-skills-vs-soft-skills/Soft Skills vs Hard Skills: Which Is More Important in the Workplace?](https://vervoe.com/hard-skills-vs-soft-skills/Soft-Skills-vs-Hard-Skills-Which-Is-More-Important-in-the-Workplace/) (Дата обращения: 12.03.2023).

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Ткачева И.А., канд. пед. наук

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал ОГУ)

Электродинамика – один из основных разделов физики, который изучается на всех ступенях физического образования: начиная с основной школы, продолжая средним профессиональным образованием и заканчивая высшим образованием студентов инженерно-технических профилей подготовки. Среди базовых тем данного раздела является тема «Постоянный электрический ток и его закономерности». Она изучается на всех перечисленных выше ступенях физического образования, поэтому глубокое усвоение и понимание этого материала является важнейшим условием успешного изучения электродинамики.

Также следует отметить, что в настоящее время дистанционные формы обучения стали неотъемлемой частью образовательного процесса. Это требует появления не только новых средств обучения, адаптированных к возможностям дистанционной реализации, но и методических рекомендаций по их внедрению в учебный процесс. При изучении физики большие возможности в этой области создают компьютерные модели физических процессов и явлений. Дидактические возможности и способы их применения в учебном процессе хорошо описаны А.Ф. Кавтреввым [1]. На основе таких моделей создаются виртуальные лаборатории, позволяющие самим конструировать физические объекты и затем их исследовать.

При изучении законов постоянного тока в дистанционном формате удобно использовать подобную виртуальную лабораторию, позволяющую самостоятельно конструировать электрические цепи. Данный конструктор можно найти в сети Интернет в свободном доступе [2]. В программе предложены несколько основных элементов электрической цепи, которые можно объединить в одну схему, используя различные виды соединения: источники постоянного и переменного тока, резистор, лампа накаливания, конденсатор, катушка индуктивности, амперметр, вольтметр и др. (рис.1). Программа позволяет изменять сопротивление источника тока, сопротивления резисторов и соединительных проводов, а также подаваемое в цепь напряжение. После того, как электрическая цепь собрана, можно визуализировать движение по цепи свободных электронов, участвующих в создании тока, и оценить, как изменяется скорость их движения при изменении сопротивления элементов цепи, что способствует более наглядному усвоению материала.

Рассмотрим в качестве примера применение данного конструктора для организации экспериментальной деятельности студентов при изучении закона Ома для однородного участка цепи и для замкнутой цепи.

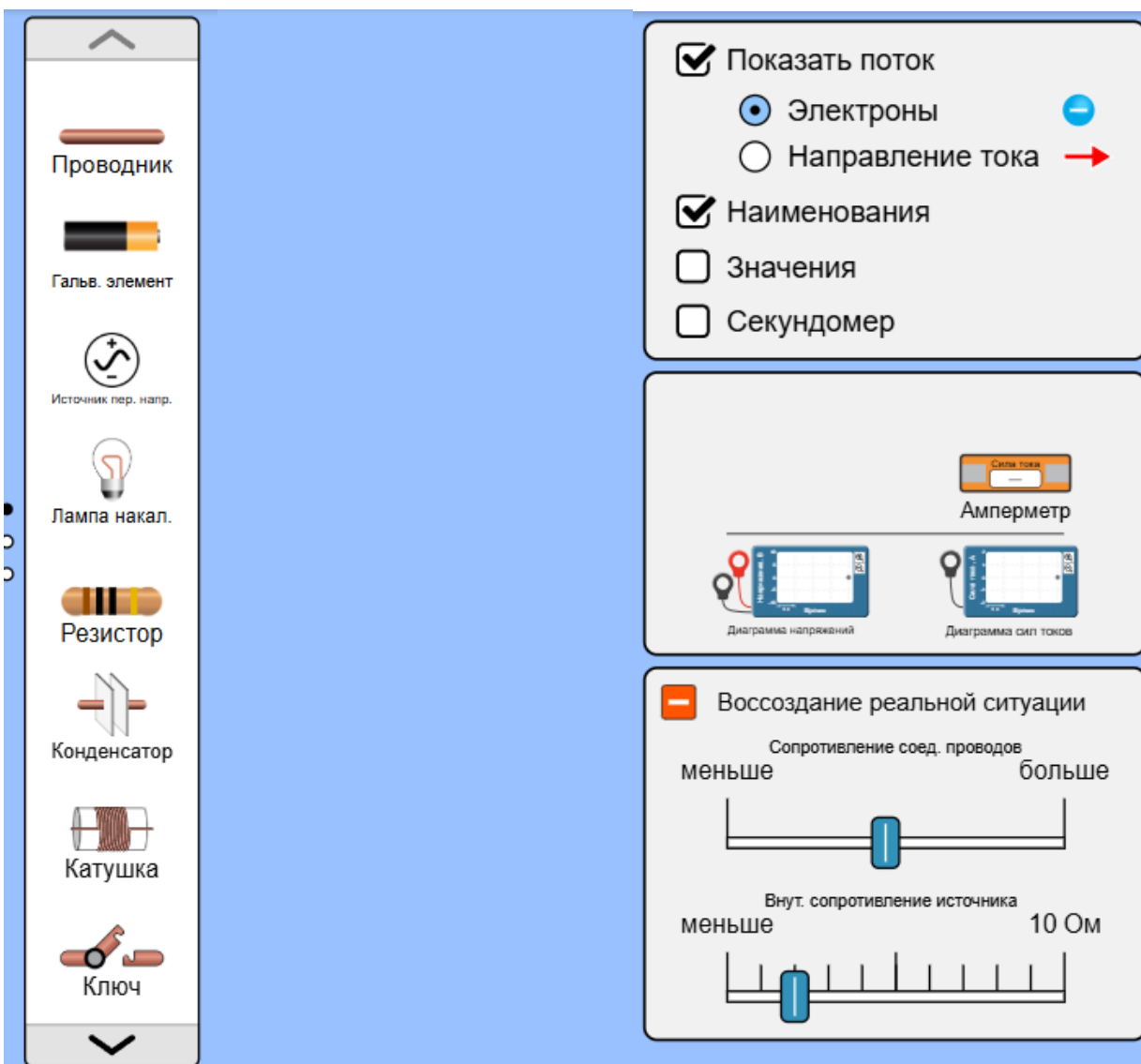


Рисунок 1 - Компьютерная лаборатория «Построение

Перед выполнением работы студентам выдается следующее задание.

Лабораторная работа «Экспериментальная проверка закона Ома».

Цель работы: Исследовать движение свободных электронов в металле под действием электрического поля. Проверить закон Ома для однородного участка цепи и для замкнутой цепи.

1 часть. Изучение закона Ома для однородного участка цепи

1. Соберите электрическую цепь согласно рисунку 2,б.
2. Установите сопротивление соединительных проводов и внутреннее сопротивление источника тока равными нулю.

3. Исследуйте зависимость силы тока от приложенного напряжения. Для этого не меняя сопротивления резистора, изменяйте напряжение на источнике тока с шагом 5 В. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1 – Экспериментальные данные

| | | | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Напряжение на резисторе $U, В$ | | | | | | |
| Сила тока в цепи $I, А$ | | | | | | |
| Сопротивление резистора $R, Ом$ | | | | | | |

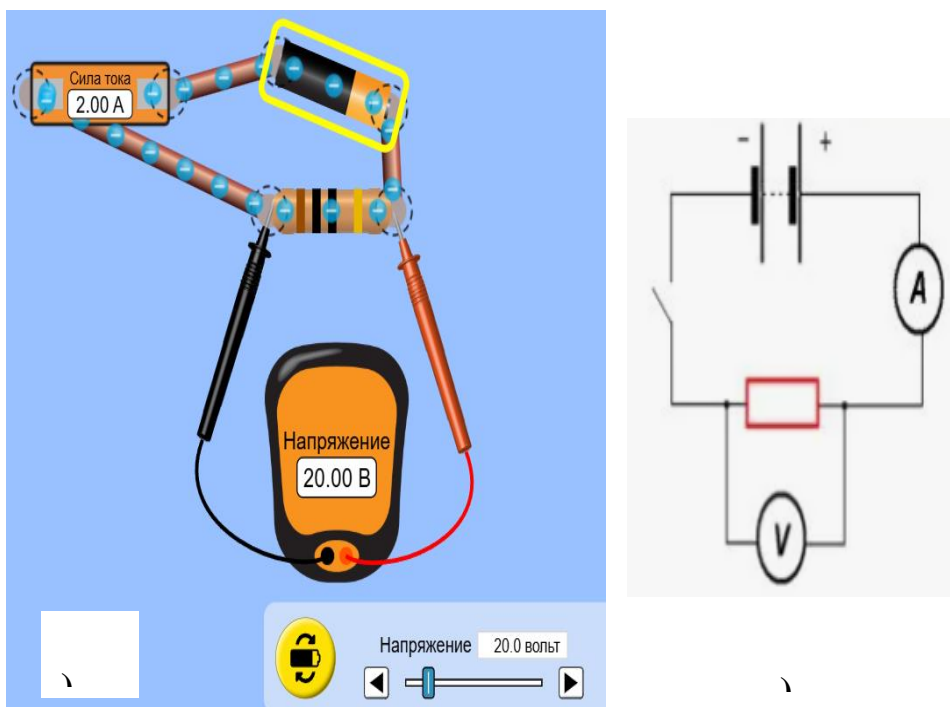


Рисунок 2 - Изучение цепей постоянного тока
 а) вид собранной цепи на экране, б) схема электрической цепи

4. Постройте график зависимости силы тока от приложенного напряжения $I(U)$ при неизменном сопротивлении цепи. Сделайте вывод.

5. Исследуйте зависимость силы тока от сопротивления цепи. Для этого не меняя напряжение на источнике тока, изменяйте сопротивление на резисторе с шагом 10 Ом. Результаты измерений занесите в таблицу, аналогичную таблице 1.

6. Постройте график зависимости силы тока от сопротивления цепи $I(R)$ при неизменном напряжении. Сделайте вывод.

2 часть. Изучение закона Ома для замкнутой цепи

1. Соберите электрическую цепь согласно рисунку 2,б.

2. Установите сопротивление соединительных проводов равным нулю, а внутреннее сопротивление источника тока отличным от нуля.

3. Изменяя внутреннее сопротивление источника тока с шагом 2 Ом и не меняя другие параметры цепи измерьте силу тока в цепи. Результаты измерений занесите в таблицу 2.

Таблица 2 – Проверка закона Ома для замкнутой цепи

| ЭДС источника тока $\varepsilon =$ ___ В, сопротивление резистора $R =$ ___ Ом | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| Сила тока в цепи I , A | | | | | | |
| Внутреннее сопротивление источника тока r , $Ом$ | | | | | | |
| Полное сопротивление цепи $(R+r)$, $Ом$ | | | | | | |
| Полное падение напряжения в цепи $I(R+r)$, B | | | | | | |

4. Подсчитайте полное сопротивление цепи $(R+r)$ и падение напряжения, умножив силу тока на полное сопротивление цепи. Полученные данные занесите в таблицу 2.

5. Сравните значения из нижней строчки таблицы 2 с ЭДС источника тока. Сделайте вывод.

Таким образом, использование виртуальных лабораторий позволяет организовать экспериментальную деятельность студентов и учащихся даже при дистанционной форме обучения. Ребята самостоятельно участвуют в сборке электрической цепи, учатся планировать и проводить физический эксперимент, обрабатывать и осмысливать экспериментальные данные. Применение подобного рода заданий способствует более глубокому осмыслению изучаемого материала, а также развитию мышления обучающихся, прививает им навыки самостоятельной работы.

Список литературы

1. Кавтрев, А.Ф. Информационные технологии в преподавании физики: Метод.пособие. / Авт.-сос. А.Ф. Кавтрев.– СПб.: ЛОИРО, 2003. – 75с.
2. https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab_all.html?locale=ru

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

**Цветкова Е.В., Манаков Н.А., д-р физ.-мат. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Самостоятельная работа студентов (СРС) является важнейшим элементом их профессионального становления. Она закладывает основы самоорганизации и самовоспитания студента, формирует навыки непрерывного самообразования и повышения своей квалификации, а также приемы работы с учебным материалом и научной информацией [1]. СРС подразделяется на самостоятельную работу вне учебного расписания и планируемую самостоятельную работу. Часы, отводимые на последнюю, фиксируются в учебном плане и проводятся по расписанию, составленному на кафедре физики и методики обучения физике ОГУ [2]. Программа СРС по физике отражается в учебно-методических комплексах соответствующих специальностей.

Успешная СРС возможна при наличии соответствующего учебно-методического обеспечения и организации регулярного контроля (отчетов, рефератов, проектов, устных выступлений, тестирования и т.п.). Для контроля за самостоятельной работой студентов с помощью тестирования используется компьютерный класс кафедры с соответствующим программным обеспечением. Кроме того, в системе сетевого тестирования АИССТ подготовлен банк тестовых заданий по физике согласованный с федеральными аттестационными педагогическими измерительными материалами, используемый как для контроля СРС, так и для самостоятельной проверки своих знаний студентами.

Самостоятельная работа студентов предполагает овладение модельным подходом к анализу явлений, процессов и систем; освоение экспериментальных методов исследования объектов природы и техники; приобретение навыков решения не только идеализированных, но и реальных физических задач. Важнейшую роль в целостном процессе самостоятельной работы играет этап выполнения лабораторных работ - физический лабораторный практикум. Для студентов естественнонаучного и инженерно-технических направлений подготовки он, как и физика в целом, является базовой основой профессионального становления. Полный курс лабораторного практикума на кафедре физики и методики преподавания физики состоит из следующих частей:

- 1) механика (аудитория 1401 а),
- 2) молекулярная физика и термодинамика (аудитория 1401 б);
- 3) электричество и магнетизм (аудитория 1305 а),
- 4) оптика (аудитория 1305б);
- 5) атомная физика, ядерная физика и физика твердого тела (аудитория

1301).

Как следует из приведенного ниже перечня лабораторных работ кафедры, он позволяет учитывать специфику как естественнонаучных, так и инженерно-технических направлений подготовки классического университета.

Комплекс лабораторных работ по физике включает все разделы курса физики и обеспечивает формирование общеобразовательных компетенций по всем направлениям путём индивидуального подбора для каждого профиля перечня лабораторных работ [3]. Это позволяет студентам самостоятельно готовиться к выполнению лабораторных работ, а также выполнять их вне учебного расписания. Преподавателями кафедры по разделам общей физики подготовлены учебные пособия и вспомогательные материалы для СРС [4]. Разработан банк заданий и задач для самостоятельного решения, который студенты могут использовать для подготовки и оценки готовности к семинарским занятиям.

Опыт практической работы показывает, что одним из возможных путей реализации направления интенсификации процесса обучения физики является подключение студентов в университетскую систему Moodle [5]. Составные элементы каждого блока курса Moodle в ОГУ можно представить следующим образом: актуализация знаний, лекция, практическое занятие и домашнее задание. Актуализация знаний обучаемых предопределяется конечной целью занятия: какие понятия, величины и законы надо изучить, какие типовые задачи научить решать и т. п. На этом этапе целесообразно применять небольшой физический диктант, «настраивающий» учащихся на дальнейшее изложение материала; беглый устный опрос по формулировкам законов, понятий, формул; ответы преподавателя на вопросы обучаемых, возникшие при выполнении домашнего задания. Отмечаются рассмотренные вопросы. Развернутый план или план-конспект слушатели записывают в свои тетради. На практических занятиях главная методическая задача преподавателя – организовать применение полученных знаний. Работа над вопросами проходит в форме фронтального опроса: слушатели читают вопрос и отвечают друг за другом без указаний преподавателя - проговаривают определения, законы, формулы [6].

Значительное внимание на практических занятиях отводится решению задач, исходя из того, что каждая задача предусматривает определенный уровень применения знаний. Уже при чтении условия задачи имеет место применение знаний, выражающееся в осмыслении фактов, явлений, включенных в текст задачи. При решении задач студенты руководствуются алгоритмическими предписаниями, которые сообщаются им на первом семинаре. Проверка и закрепление способа решения осуществляется путем многократной тренировки по его использованию. Главный принцип, которым мы руководствуемся при обучении студентов - умению решать задачи - состоит в том, чтобы в результате его применения сохранялась целостность физической задачи. В случае, когда студент не может решить задачу, путь оказания ему помощи состоит в следующем: первоначальный вариант задачи сводится к другим ее вариантам, ослабляющим меру ее трудности. Для этого в условии

задачи вводятся дополнительные данные, которые упрощают задачу, сужают область поиска. Поэтапное решение последовательности задач, основанных на содержании основной задачи, целенаправленно приближает слушателя к решению основной задачи. Рассматриваемая система обучения может быть использована в качестве элементов технологии самостоятельной работы студентов. Опыт работы говорит о том, что правильно организация самостоятельной работы формирует ответственное отношение студентов к обучению, позволяет правильно распределить своё учебное и свободное время в соответствии с требованиями образовательного процесса.

Список литературы

1. Лапина, О.А. Самостоятельная работа студентов: организация и содержание: Учеб. пособие / О.А. Лапина, Н.Г. Тигунцева. – Изд. 2-е, доп. И перераб. –Иркутск: Изд-во ГОУ ВПО «Иркут. гос. пед. ун-т», 2004. – 104 с.

2. Манаков Н.А., Чакак А.А., Огерчук А.А. Роль самостоятельной работы студентов в образовательном процессе и в формировании личности при изучении физики // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры [Электронный ресурс]: Материалы Всероссийской научно-методической конференции, 1-3 февраля 2012 г. / Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2012. – С. 1130-1133. — ISBN 978-5-4418-0022-8.

3. Манаков Н.А., Рашкин Е.А., Филатов С.И., Якупов С.С. Виртуальная лабораторная работа как форма самостоятельной работы студентов // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Самостоятельная работа студента: организация, технологии, контроль» (2-4 февраля, 2005 г.). – Оренбург, ОГУ, 2005.

4. Манаков Н.А., Четверикова А.Г., Цветкова Е.В. Самостоятельная работа студентов при выполнении лабораторных работ по физике: методические указания [Электронный ресурс] / Оренбургский гос. ун-т. – ОГУ, 2019. Регистрационный учетный номер 102446 от 08.04.2019.

5. Одинокая М.А. Учебный модуль на платформе MOODLE как средство организации внеаудиторной самостоятельной работы студента // Вопросы методики преподавания в вузе. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – Вып. 4 (18). – С. 199–206.

6. Цветкова, Е. В. Использование электронной образовательной платформы Moodle при дистанционном изучении учебной дисциплины "Физика" студентами ОГУ [Электронный ресурс] / Е. В. Цветкова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), Оренбург, 26-27 янв. 2022 г. / Оренбург. гос. ун-т; ред. А. В. Пыхтин. - Оренбург : ОГУ, 2022. - С. 2935-2938. - 4 с.

ПАРАМЕТРЫ «КРИСТАЛЛИЧНОСТИ» ПРИРОДНОГО КАОЛИНИТА С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ИЗОМОРФИЗМА

Четверикова А.Г., канд. физ.-мат. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

В физике и химии материалов и ряде других областей знаний хорошо известно влияние субмикроскопической структуры и дефектов кристаллов на их физические свойства. Имеющиеся сейчас данные по свойствам чистых (синтетических, идеальных) филлосиликатов, полученные параллельно с детальными исследованиями их тонкой структуры, говорят об отличной корреляции этих данных. Очевидно, что свойства и физико-химические процессы, протекающие в реальных (природных) минералах, зависят не только от параметров структуры, но и имеющих структурных искажений. Например, авторами работы [1, 2] исследовано влияние минералогического состава каолиновых глин различных месторождений, а также характеристик кристаллической структуры каолинита в них на условия эндотермического процесса образования метакаолинита. Установлено, что для образцов, содержащих хорошо окристаллизованный каолинит, скорость данного процесса ниже, чем для образцов с низкой степенью кристалличности каолинита.

Несовершенства кристаллических дисперсных систем филлосиликатов с макроскопическим структурным модулем $[T_{\infty\infty}O_{\infty\infty}]$ пониженной размерности в одном из направлений, тех же каолинитов, можно оценить с помощью как минимум трех параметров: степени кристалличности системы, индекса кристалличности и размеров областей когерентного рассеяния. Целесообразно определять такие структурные параметры с помощью доступных и широко применяющихся методов, таких, как инфракрасная спектроскопия или рентгеновская дифрактометрия [3].

В данной работе параметры кристалличности определены для каолинита Оренбургского месторождения К-ПМК с высокой степенью изоморфизма, отражённой в кристаллохимической формуле [4]:



в исходном состоянии и после воздействия СВЧ-поля (частота 2.45 ГГц, мощность 750 Вт, время воздействия 20 минут).

Степень кристалличности отражает долю кристаллических фаз в общем объёме пробы. По интегральной интенсивности дифрактограмм (излучение Cu-K α , диапазон углов 2θ от 16 до 120 $^\circ$ с шагом 0.05 $^\circ$) установлены изменения фазовых составов после воздействия СВЧ-поля для частиц разных фракций (рисунок 1). Очевидна закономерность К-ПМК $_1$: К-ПМК $_0$ увеличения содержания кристаллического каолинита в пределах ~ 1.1 для всех фракций с

размерами частиц d в результате действия СВЧ-поля: 1.06 ($d \leq 630$ мкм), 1.08 ($d \leq 160$ мкм) и 1.12 ($d \leq 40$ мкм).

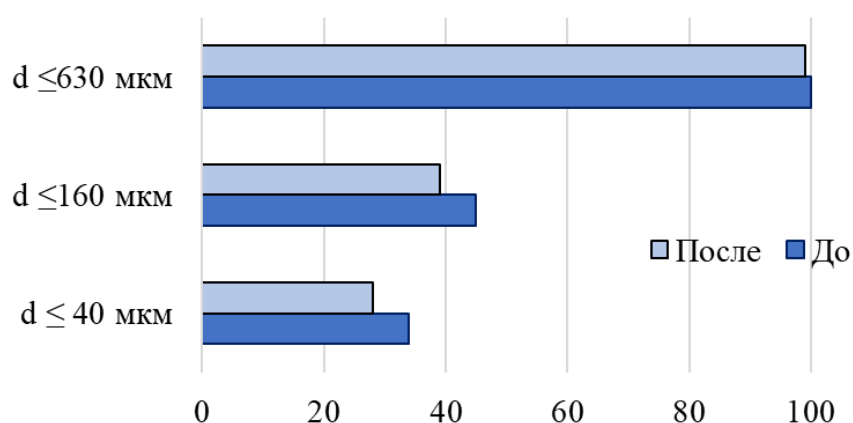


Рисунок 1 – Изменения степени кристалличности (доли кристаллических модификаций, %) частиц К-ПМК до и после воздействия СВЧ-поля

Пути эволюции фазовых составов при повышении дисперсности частиц при обработке проб в СВЧ-поле различаются при общих тенденциях увеличения содержания каолинита, снижении количества кварца и тридимита. Других полиморфных и фазовых превращений не отмечено, варьируется общее количество кристаллических модификаций. Очевидно, что повышение дисперсности частиц и воздействие на них СВЧ-полем являются синергетическими явлениями, способствующими существенным улучшениям фазовых составов проб. Можно отметить, что воздействие СВЧ-поля во всех случаях приводило к аморфизации порошка, причём этот эффект заметнее проявляется с увеличением степени дисперсности частиц [5]. В мелких порошках после СВЧ-обработки доля кристаллических фаз уменьшилась почти в 4 раза. Кристаллические фазы содержат все больше каолинита с уменьшением размеров частиц, при этом воздействие СВЧ-поля способствует повышению объёмной доли каолинита. Таким образом, повышая дисперсность частиц и используя СВЧ-поле можно добиться практически монокристаллической каолинитовой фазы. В публикации [6] методами электронно-микроскопического исследования и ЭПР-спектроскопии показана зависимость степени кристалличности и совершенства структуры каолинита от размера частиц: даже для наиболее тонкодисперсной фракции с размером частиц менее 0.5 мкм все ещё сохраняется определённая степень кристалличности и не наблюдается полной аморфности вещества. В работах [7, 8] анализ данных рентгеновской дифракции и ИК-спектроскопии синтетических алюмосиликатов подгруппы каолинита с различной степенью кристалличности показал, что ИК-спектроскопия может быть рассмотрена как метод качественной оценки степени кристалличности. С увеличением времени температурного синтеза, как и воздействия СВЧ-поля [9], наблюдается постепенный переход аморфной фазы в кристаллическую, что отражается на ИК-спектрах смещением полос, связанных с колебаниями групп в октаэдрических и тетраэдрических сетках.

Экспериментальные рентгенограммы природных каолинитов

показывают, что образцы состоят из физической смеси двух различных популяций кристаллитов каолинита с высоко- (НОК, high ordered kaolinite), и низко-упорядоченными (ЛОК, low ordered kaolinite), структурами, которые в разных соотношениях встречаются в реальных образцах [10]. Индексы «кристалличности» основаны на простых измерениях высот рентгеновских дифракционных пиков в области отражений наиболее чувствительных к дефектам. Эти коэффициенты-индексы используются для того, чтобы сравнивать каолиниты тех или иных месторождений или той или иной обработки, т.к. все индексы «кристалличности» каолинитов пропорциональны соотношению НОК:ЛОК фаз в пробе.

Изначально интегральную разупорядоченность структура каолинитов предложил Д. Хинкли [11]. Установлено принципиальное отличие конфигурации рефлексов hkl для случаев, когда k кратно 3 или не кратно [3, 12]:

$$R_2 = \frac{1.5(I_1 + I_2) - 3I_\phi}{I_1 + I_2 + I_\phi}, \quad (2)$$

где I_1 и I_2 – соответственно интенсивности линий $(13\bar{1})$ и (131) ; I_ϕ – интенсивность фона между линиями как отношение интенсивностей отражения для плоскостей $(13\bar{1})$ (I_1) и (131) (I_2) в пределах 2θ углов 37° — 40° для $d_1=0.2410$ нм и $d_2=0.2390$ нм.

Известно [10], что индекс «кристалличности» Хинкли каолинита (Н) меняется от 0,2 (большая доля ЛОК) до 1.7 (большая доля НОК). Например, у авторов публикаций [1,13] индекс Н после обогащения каолинитов различных месторождений увеличился на 15-20 %.

Анализ значений, приведённых на рисунке 2а, показывает, что с увеличением дисперсности индекс кристалличности К-ПМК заметно снижается. Воздействие микроволнового излучения для всех фракций частиц приводит к его повышению, особенно заметному для мелких частиц. Следовательно, можно использовать высокочастотное поле для повышения морфологических качеств частиц, в частности, совершенства их огранки, т.к. повышение индекса Хинкли свидетельствует об увеличении степени совершенства кристаллической структуры.

В последнее время [6] развивается ЭПР-метод определения индекса кристалличности каолинита по соотношению интенсивностей реперной линии ЭПР-спектра каолинита с g -фактором $\sim 4,2$ и интенсивности триплета линий-сателлитов в слабом поле. В нашем случае индекс Хинкли пробы К-ПМК, определённый подобным образом, оказался равным 0.2 [14]. Как видно, на данный момент удовлетворительной корреляции между этими методиками пока нет.

Среди всех индексов «кристалличности» наиболее закономерно проявляется связь между параметрами НОК и Н, определяемыми рентгеновскими методами, которая описывается квадратным уравнением [10]:

$$\text{НОК (\%)} = 12.236\text{HI}^2 + 25.464\text{HI} - 1.2622 \quad (3)$$

с фактором корреляции $R^2=0.993$ (рисунок 2б).

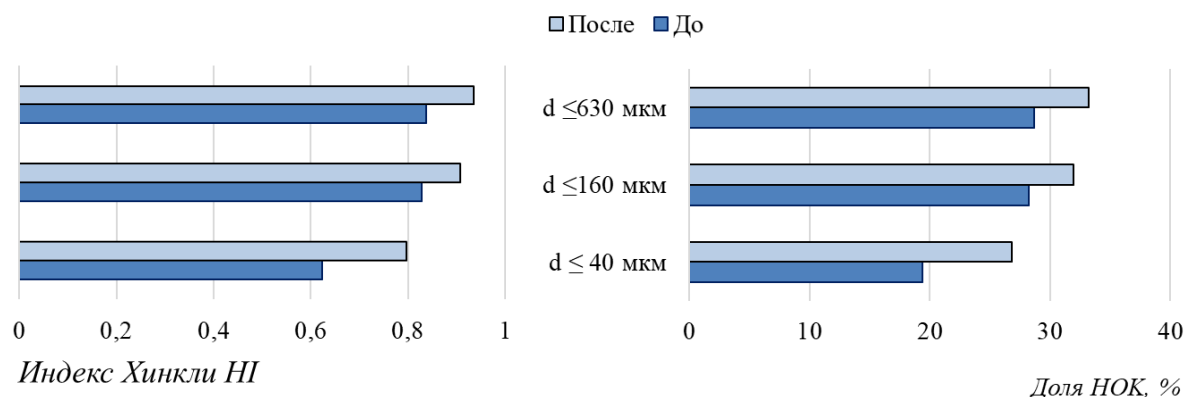


Рисунок 2 – Индекс HI (а) и доля НОК (б) пробы К-ПМК с различной дисперсностью частиц в исходном состоянии и после воздействия СВЧ-поля

Для одного и того же образца размеры областей когерентного рассеяния в плоскости слоёв, общее число слоёв в кристаллитах и доли НОК и ЛОК фаз, как правило, одинаковы или очень близки. Анализ влияния дисперсности и воздействия СВЧ-поля на объёмы областей когерентного рассеяния проб К-ПМК показал, что значения ОКР для всех размеров фракций уменьшаются примерно на 10% (с 50 нм до 40 нм).

Таким образом, для описания влияния как внутреннего (повышение дисперсности), так и внешнего (СВЧ-поле) воздействий на структурную эволюцию природных каолинитов уместно и целесообразно использовать совокупность параметров «кристалличности».

Список литературы

1. Ламберов, А. А. Влияние состава и структуры каолиновых глин на условия перехода каолинита в метакаолинит / А. А. Ламберов, Е. Ю. Ситникова, А. Ш. Абдулганеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 7. – С. 17-23. – EDN NQZJMT
2. Кинетика фазовых превращений в кремнеземистой керамике при обжиге / О. Н. Каныгина, А. Г. Каныгина, А. А. Скрипников [и др.] // Вопросы материаловедения. – 1998. – № 4. – С. 14-19. – EDN SBSQOR
3. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства: состав, строение и формирование свойств, Геом, 2013. 576 с.
4. Коррекция структурной формулы каолинита Оренбургской области спектроскопическими методами / А. Г. Четверикова, В. Н. Макаров, О. Н. Каныгина [и др.] // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2023. – Т. 25, № 2. – С. 277-291. – DOI 10.17308/kcmf.2023.25/11108. – EDN SOLDIM
5. Chetverikova, A. G. Evolution of phase morphology in dispersed clay systems under the microwave irradiation / A. G. Chetverikova, M. M. Filyak, O. N. Kanygina // Ceramica. – 2018. – Vol. 64, No. 371. – P. 367-372. – DOI

10.1590/0366-69132018643712354. – EDN YVQOJN

6. Бортников, Н. С. Влияние размерного эффекта на кристалломорфологические свойства каолинита по данным электронной микроскопии и ЭПР (Месторождение Журавлиный Лог, Южный Урал) / Н. С. Бортников, Р. М. Минеева, В. М. Новиков, С. В. Соболева // Доклады Академии наук, 2011. – Т. 439. – №. 2. – С. 240.

7. Аликина, Ю. А. Анализ степени кристалличности алюмосиликатов подгруппы каолинита по данным ИК-спектроскопии / Ю. А. Аликина, О. Ю. Голубева // Физика и химия стекла. – 2023. – Т. 49, № 6. – С. 700-705. – DOI 10.31857/S0132665123600309. – EDN ENAWKG

8. Дятлова, Е. М. ИК-спектроскопическое исследование каолинового сырья белорусских месторождений / Е. М. Дятлова, Н. М. Бобкова, О. А. Сергиевич // Проблемы недропользования. – 2019. – № 2(21). – С. 143-149. – DOI 10.25635/2313-1586.2019.02.143. – EDN IQQBHH

9. Четверикова, А. Г. К вопросу о сравнении экспериментального и теоретического ик-спектров каолинита / А. Г. Четверикова, В. Н. Макаров // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 26–27 января 2023 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2023. – С. 3027-3030. – EDN RXSMAQ

10. Сахаров, Б. А. Реальная структура и индексы «кристалличности» природных каолинитов / Б. А. Сахаров, В. А. Дриц // Фундаментальные проблемы изучения вулканогенно-осадочных, терригенных и карбонатных комплексов (литол 2023) : мат. Всерос. научн. конф. (с иностранным участием) конференция посвящена памяти Анны Григорьевны Коссовской (1915-2000) и Ирины Васильевны Хворовой (1913-2003), Москва, 18–21 апреля 2023 года. – Москва: "Издательство ГЕОС", 2023. – С. 198-201. – EDN IXGRUK

11. Hinckley D. N. Variability in “crystallinity” values among the kaolin deposits of the coastal plain of Georgia and South Carolina / D.N. Hinckley // Clays and Clay Minerals (National Conference on Clays and Clay Minerals). –1962. – Т. 11. – С. 229

12. Ma, Q. Enhanced dispersing properties of kaolin due to high-strength kneading process / Q. Ma, Y. Li, J. Liu, H. Ying, H. Han, X. Chen // Applied Clay Science. – 2024. – Т. 247. – С. 107218

13. Нестеренко, А. А. Оценка степени кристалличности каолинитов из различных месторождений Российской Федерации / А. А. Нестеренко, Т. А. Королева, И. А. Морозов // Глины и глинистые минералы - 2023 : VI Российское Собрание по глинам и глинистым минералам «ГЛИНЫ-2023», Санкт-Петербург, 13–16 июня 2023 года. – Санкт-Петербург: ИГЕМ РАН, 2023. – С. 33. – EDN OCQVHS

14. Paramagnetic Iron and Manganese Ions as Paired Spin Probes of Structural Transformations in Octahedral Layers of Phyllosilicates / A.G. Chetverikova, V. L. Berdinsky, O. N. Kanygina [et al.] // Social Science Research Network. – 2022. – DOI 10.2139/ssrn.4184582. – EDN GULPFL.

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПРИЕМА ЛЕКАРСТВ

Широков С.С.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Телеметрия – это технология удаленного сбора данных и измерений. Телеметрический мониторинг, в свою очередь, обеспечивает беспроводной контроль параметров в режиме реального времени для принятия оперативных решений. В медицине такие системы становятся все более важными, позволяя контролировать прием лекарств пациентами дома и в больницах. Они предоставляют возможность отслеживать процесс приема препаратов, вести непрерывную запись данных, создавать отчеты о соблюдении режима приема, что является актуальной задачей для медицинской инженерии и ИТ. Разработка включает выбор материалов, датчиков, интерфейса и алгоритмов анализа данных. Главная цель комплекса – повышение точности лечения, минимизация ошибок в приеме лекарств и, как следствие, улучшение эффективности выздоровления, особенно при длительном лечении. Неправильный прием лекарств может привести к нежелательным последствиям. Устройства телеметрического мониторинга – удобный и надежный инструмент для контроля приема лекарств как для личного, так и для медицинского применения.

Один из важных аспектов электронных дозаторов приема лекарств – точность дозировки. Они обеспечивают правильное и точное количество лекарств для каждого приема, что позволяет избежать пере- или недозировки препаратов. Также многие дозаторы имеют возможность установки индивидуальной программы приема лекарств, что упрощает контроль над их приемом и предотвращает путаницу.

Одной из важных функций электронных дозаторов является оповещение о времени приема лекарств. Они обычно имеют встроенный будильник или звуковой сигнал, который предупреждает пациента о необходимости принятия лекарств. Это особенно полезно для пациентов, которые часто забывают принять лекарства или имеют сложный график приема.

Еще одним важным аспектом является возможность хранения информации о принятых препаратах. Некоторые дозаторы имеют функцию записи даты и времени приема каждого препарата, что помогает вести детальный контроль над приемом лекарств и предоставить информацию врачу в случае возникновения необходимости.

Большинство устройств приема лекарств имеют компактный и портативный дизайн, что делает их удобными для переноски. Это позволяет пациентам принимать лекарства даже вне дома, как, например, во время поездок или командировок.

В целом, электронные дозаторы приема лекарств предлагают множество преимуществ, таких как точность дозирования, оповещение о времени приема, хранение информации о принятых лекарствах и портативность. Они могут быть полезны как для обычных пациентов, так и для людей с хроническими заболеваниями или старших возрастных групп.

Разработанный комплекс для контроля приема лекарственных препаратов состоит из таких частей как: микроконтроллер Arduino Nano, модуль часов реального времени DS1302, дисплей LCD1602 (синий) с модулем ИС, звукоизлучателя (зуммера) и 4 кнопки без фиксации.

Схема устройства представлена на рисунке 1.

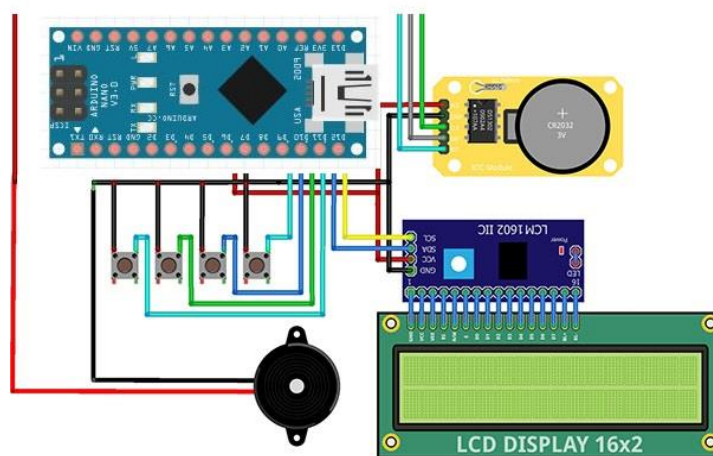


Рисунок 1 – Схема разработанного комплекса

Функции каждого компонента устройства:

1. Arduino Nano подключается к модулю DS1302 по протоколу I2C для получения информации о текущем времени.

2. Модуль DS1302 подключается к дисплею lcd1602 для отображения текущего времени и информации о дозировке таблеток с сохранением данных при отключении питания.

3. 4 кнопки подключаются к Arduino Nano для управления настройками дозатора (например, настройка времени приема таблеток, установка дозировки и т.д.).

4. Arduino Nano программируется для следующих функций:

- Отображение текущего времени на дисплее LCD1602
- Управление дозировкой таблеток по заданному расписанию
- Прием команд от кнопок для установки времени приема таблеток и дозировки
- Хранение установленных настроек в памяти Arduino Nano

5. Звукоизлучатель (зуммер) оповещает пользователя о необходимости приема таблеток (прерывистые сигналы или мелодия).

Корпус изделия изготовлен из прочного и легкого материала,

обеспечивающего надежную защиту внутренних компонентов. Изготовление корпуса проводилось с использованием 3D принтера. Данный корпус изображен на рисунках 2, 3.

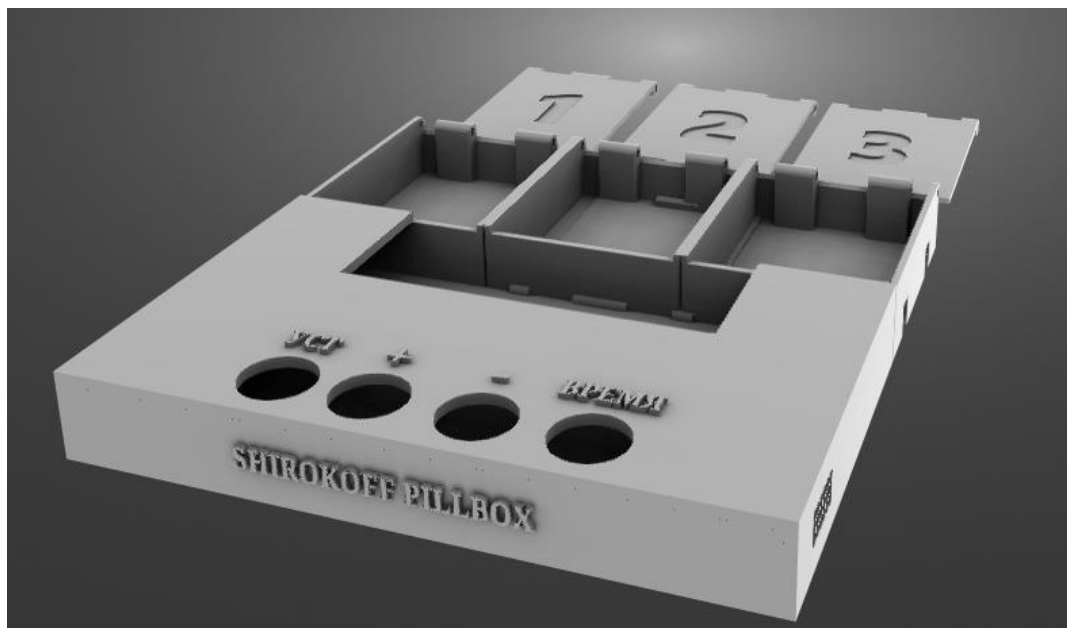


Рисунок 2 – Корпус устройства (вид спереди)

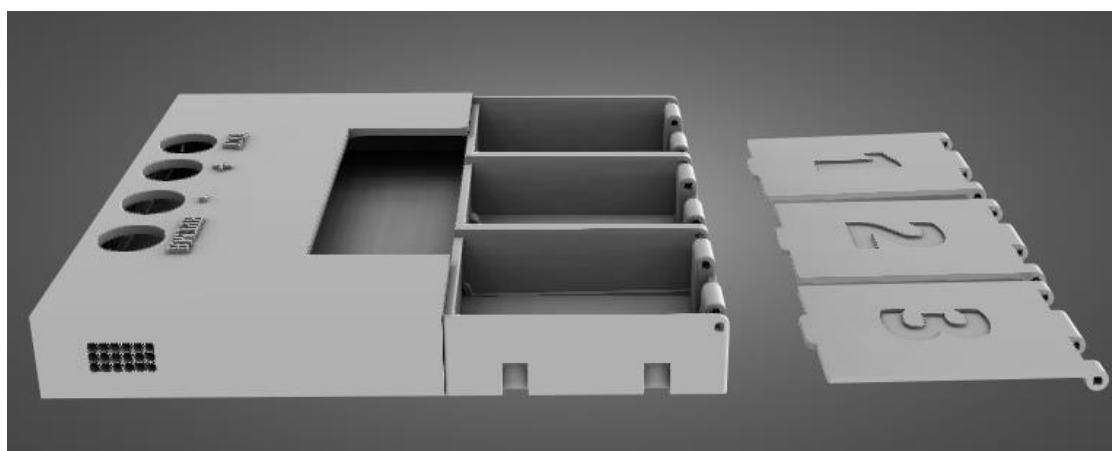


Рисунок 3 - Корпус устройства (боковая сторона)

На передней панели корпуса расположен дисплей LCD1602, на котором отображается информация о текущем времени, расписании приема таблеток и другие необходимые данные.

Над дисплеем расположены четыре кнопки, позволяющие пользователю управлять функциями устройства, включая настройку расписания приема лекарств и подтверждение действий. Модуль часов реального времени DS1302 обеспечивает точное отслеживание времени и даты, что позволяет устройству автоматически сигнализировать о необходимости приема лекарств.

Корпус электронного дозатора таблеток на Arduino Nano является удобным и надежным решением для людей, нуждающихся в точном и своевременном приеме лекарственных препаратов.

Принцип работы электронного дозатора лекарственных препаратов основан на следующих этапах:

1. Пользователь вводит время приема таблеток с помощью кнопок на устройстве.

2. Arduino Nano считывает введенное время и сохраняет его в памяти.

3. В заданное время часов реального времени модуля DS1302 Arduino активирует дисплей LCD1602 и выводит сообщение о необходимости принятия таблеток.

4. Пользователь нажимает одну из кнопок для подтверждения приема таблеток.

5. При достижении заданного времени принятия лекарственных препаратов, подается звуковой сигнал с помощью звукоизлучателя (зуммера) и отображается информации на дисплее для оповещения пользователя.

6. Если пользователь не нажимает кнопку в течение определенного времени, Arduino повторяет напоминание о приеме таблеток.

Таким образом, благодаря использованию Arduino Nano, модуля часов реального времени DS1302, дисплея LCD1602 и кнопок, электронный дозатор таблеток обеспечивает точное и своевременное напоминание о приеме лекарств для пользователя.

Таким образом, аппаратно-программного комплекс, построенный на Arduino Nano с модулем DS1302, дисплеем LCD1602 и кнопками, представляет собой удобное и автоматизированное устройство для контроля приема лекарств. Эта система предоставляет возможность непрерывного и удаленного контроля за процессом приема лекарств, что помогает снизить риск возникновения ошибок и повысить эффективность лечения. При разработке были использованы современные технологии и методы, что обеспечило надежность и удобство использования комплекса. Данное исследование является актуальным и имеет практическую значимость, так как может быть применено в медицинской сфере для улучшения качества лечения пациентов и сокращения затрат на их наблюдение. В дальнейшем, разработанный комплекс может быть усовершенствован и адаптирован для конкретных потребностей различных медицинских учреждений.

Список литературы

1. Владимирский А.В. “Телемедицина: Curatio Sine Tempora et Distantia” - М., 2016 г. - 663 с. - URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01008620574?page=2&rotate=0&theme=white>

2. А.Д. Королев, Н.А. Корневский, Д.Н. Кузнецов, Нгуен Тхе Кыонг, Ю.П. Муха, В.И. Сыряжкин, Д.В. Титов “Интеллектуальные программно-аппаратные комплексы передачи информации в телемедицинских сетях” – 2018 г. – 348 с. - URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/287415985.pdf>

3. Саламов, И. Х. Разработка устройства оповещения о необходимости приёма лекарств / И. Х. Саламов, Л. И. Сайдулаева. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 19 (99). — С. 175-179. — URL: <https://moluch.ru/archive/99/22351/> (дата обращения: 10.12.2023).

4. Иванов И.В. Внутренний контроль лекарственной безопасности в медицинской организации – 2018 г. – 4 с. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnutrenniy-kontrol-lekarstvennoy-bezopasnosti-v-meditsinskoj-organizatsii/viewer>

5. Беляева С. В. Автоматический дозатор для таблеток – 2020 г. URL:<https://arabin24.ru/index.php>

6. 10 лучших автоматических дозаторов для таблеток – 2022 г. - URL: <https://evercare.ru/news/10-luchshikh-avtomaticheskikh-dozatorov-dlya-tabletok>

ФАКТОРЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ У СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ, А ТАКЖЕ ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Якупов Г.С.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Потребность в технических специалистах в нашей стране растёт с каждым годом. В то же самое время наблюдается резкое снижение знаний в области точных наук у студентов технических специальностей вузов. Современные выпускники школ, несмотря на отличное владение гаджетами, зачастую не в состоянии провести анализ только что прочитанного текста.

Отсутствие умения решать проблемы и делать выводы будет сложно исправить в дальнейшем. Логическое и критическое мышление необходимо развивать еще в школе. В первую очередь этому способствует методичное и правильное преподавание математики и физики. В последнее время ситуация сложившаяся вокруг изучения этих дисциплин вызывает серьезные опасения.

В 2015 году был снижен пороговый балл ЕГЭ по математике, путем введения двух экзаменов: базового и профильного. Большая часть выпускников школ выбирают базовый уровень ЕГЭ по математике, а перед учителями встает сложная задача, поскольку подготовить в одном классе учащихся к двум уровням ЕГЭ по математике весьма непросто, а порой и невозможно. Во избежание плохих результатов, учителя вынуждены давать материал, который соответствует фактически самому низкому уровню ЕГЭ, по сути, замещая учебный процесс на решение огромного числа типовых заданий, которые могут встретиться на экзамене. Как результат – снижение качества математической подготовки школьников, планирующих сдавать профильный уровень ЕГЭ по математике с целью поступить в технический вуз. Речь о подготовке к ЕГЭ по математике зашла не случайно, поскольку от математической подготовки школьника, а впоследствии студента, всецело зависит успеваемость по физике.

Теперь обратимся к школьной физике. С середины 80-х годов прошлого столетия, количество часов, отводимых на ее изучение в школах начало сокращаться. В современной школе на изучение физики отводится два или три часа в неделю, большее число часов – только в профильных классах. Это привело к снижению времени, отводимому на решение количественных задач и особенно задач качественных, которые формируют у школьников логическое мышление.

Необходимо отметить что переход педагогических вузов, с которых готовят будущие кадры для школы, на Болонскую систему образования (с пятилетней на четырехлетней) значительно ослабил педагогическое образование в России. Уменьшение срока обучения в вузах привело к тому, что стала невозможной подготовка хорошо обученного учителя-предметника.

Кроме того, учителей, имеющих степень бакалавра, значительно больше, чем учителей, имеющих степень магистра.

Поэтому вполне естественно, что у преподавателей технических вузов есть претензии по поводу низкого уровня физико-математических знаний выпускников школ. В основе этих претензий лежат перечисленные ниже недостатки современного школьного образования:

- 1) отсутствие системных знаний по математике;
- 2) клиповое мышление [1] у большинства учащихся и отсутствие желания и навыков работы с учебной литературой;
- 3) большинство выпускников школ не умеют решать как количественные, так и качественные задачи по физике;

Кратко обозначим проблемы, которые стоят перед техническими вузами при подготовке будущих кадров для промышленности и научной деятельности:

- 1) из-за нехватки времени, вызванной сокращением числа часов на подготовку учителей физики и математики, невозможно заполнение пробелов в школьной программе;
- 2) зачастую студенты психологически не готовы воспринимать большие объёмы информации;
- 3) снижение качества знаний абитуриентов, поступающих на технические специальности: часто на технические специальности поступают выпускники школ с невысокими баллами;
- 4) некоторые студенты не умеют анализировать полученную в учебном процессе информацию, и самостоятельно находить пути решения стоящих перед ними задач.

Рассмотрим некоторые пути решения проблемы слабой подготовленности студентов первого курса, изучающих физику в вузе. В процессе обучения некоторые студенты не усваивают материал, что приводит со временем к образованию академической неуспеваемости. Проведение подготовительных курсов в течение первых недель обучения могло бы помочь студентам адаптироваться к учебе в вузе, поскольку требования в нем могут отличаться от тех, к которым они привыкли, будучи учащимися школ.

Фактически на первых же занятиях по физике многие преподаватели сталкиваются с такой ситуацией: студенты-первокурсники не понимают некоторые записи, которые преподаватель делает на лекции, например, обозначения производных, с которыми они сразу же сталкиваются при изучении кинематики, в частности, $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$. Им непонятен смысл величин $d\vec{r}$ и dt , которые, как они считают, необходимо разделить друг на друга. Многие вопросы касаются разрыва между знаниями по физике и математике, в частности, выпускники школ плохо знают понятия дифференцирования и интегрирования, а также операции с ними, операции с векторами и их проекциями на координатные оси, правила построения графиков и как работать с графическими зависимостями.

Многие студенты первого курса помнят определения и формулы из школьного курса физики, не могут систематизировать и применить эти знания

на практике. Кроме того, у многих из них существует своеобразный психологический барьер «физика – это не моё», который мешает им полноценно осваивать дисциплину, из-за чего теряется интерес к предмету, учащаются пропуски занятий, вследствие чего учебный материал такими студентами не усваивается.

Целью адаптационных курсов является повышение успеваемости первокурсников за счёт восполнения базовых знаний из курса физики и математики, которые у них либо отсутствовали, либо были забыты. Еще одна важная функция таких курсов – адаптация вчерашних школьников к университетской методике обучения.

Задачи, которые предстоит решить с помощью адаптационных курсов:

1) систематизация знаний, которые были получены студентами в рамках школьной программы по физике и математике;

2) ликвидация пробелов в знаниях, вызванных низким уровнем базового образования в средней школе (2 часа в неделю);

3) адаптация студентов первого курса к изучению физики путем формирования у них знаний, умений и навыков, основных приёмов и методов решения физических задач [2];

4) формирование положительной мотивации к обучению в вузе с помощью снятия психологических барьеров, связанных с кажущейся неспособностью освоить вузовский курс физики из-за слабых базовых знаний.

При проведении адаптационных курсов по физике можно использовать следующие методы:

1) в процессе изучения адаптационного курса наиболее важные физические знания объясняют в краткой и понятной форме;

2) студенты решают задачи на занятии под руководством преподавателя, заданные на дом самостоятельно, а затем обсуждают решение на занятии;

3) для оценки эффективности адаптационного курса можно проводить тестирование уровня знаний у студентов до и после изучения курса, организуя так называемые входное и выходное тестирования.

Значимость адаптационных курсов по физике (и математике) заключается в формировании необходимой базы для изучения физики и смежных с ней дисциплин в вузе.

Список литературы

1. Якупов Г.С. Профилактика развития клипового мышления у учащихся школ и студентов вузов // Оренбургские горизонты: прошлое, настоящее, будущее : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 275-летию Оренбург. губернии и 85-летию Оренбург. обл., 21-22 нояб. 2019 г., Оренбург: Фронтир, 2019. - . - С. 278-281. - 4 с.

2. Якупов Г.С., Манаков Н.А. Задачи по физике как средство формирования исследовательской компетенции будущего инженера // Вестник Оренбургск. государственного университета, 2020. - № 4 (227). - С. 59-65. - 7 с.